

СОВРЕМЕНИ МЕРКИ ЗА КОНТРОЛА НА ПРАШИНА ОД ПОВРШИНСКИ ИЗВОРИ НА ПРАШИНА ВО РУДАРСТВОТО

1. ВОВЕД

Прашината е еден од најголемите проблеми поврзани со рударската индустрија уште од нејзиниот почеток. Воведувањето на современи и моќни технологии на откопување и процесирање окарактеризирани со екстремно висок интензитет, значително ги зголеми проблемите со предвремено абење и оштетување на опремата, непланираните застои, високите буџети за одржување. Дополнително, поголемата јавна свест за можните ризици за здравјето и безбедноста на вработените, нарушувањето на квалитетот на животната средина и притисокот од јавноста и владините институции даваат сосема нова димензија на овој проблем.

За секој вид на индустрија непотребните и репетитивни трошоци поврзани со емисиите на прашина се сосема неприфатливи и е неопходен нов пристап во решавањето на проблемите. За жал, постојните технологии за контрола на прашината сè уште остануваат во делот на експертските познавања, поради што се неопходни засилени научни и образовни напори за разјаснување на овие технологии со што би станале дел од рутинските познавања на секој инженер инволвиран во оваа индустрија. Денес на пазарот се нудат голем број на решенија и со нивна правилна комбинација и употреба може да се обезбеди и економично решение на проблемот со прашината. Токму затоа, време е да се направи анализа на конкретните услови во националните енергетски капацитети како РЕК Битола и да се примени оптимално решение.

Во досегашната пракса во сите електроенергетски објекти за производство на електрична енергија од јаглени, емисиите на цврсти честички се решаваат единствено со електростатски филтри за прифаќање на пепелта како продукт од согорувањето на јагленот. Од друга страна, емисиите на прашина од одлагалиштата на пепел, депониите на јаглен и транспортот на материјалот низ рудниците во иста мерка ја загрозуваат животната и работната средина, што укажува на фактот дека електростатскиот филтер не е доволен за заштита и подобрување на квалитетот на амбиенталниот воздух, бидејќи

пепелта не е ниту единствен извор на фугитивни емисии во рударската индустрија.

Со примена на класичните методи за заштита од ваквите емисии само малку се ублажува состојбата, па затоа се наложува потребата од аплицирање на современи мерки за контрола на прашината од површинските извори во рударската индустрија.

Во рамките на овој магистерски труд ќе се изврши анализа и евалуација на сите постојни методи кои што би можеле да се аплицираат конкретно за емисиите предизвикани од процесите на складирање на јагленот на Депонијата за јаглен во РЕК Битола, процесите на депонирање на пепелта на Одлагалиштето за пепел, како и прашината од пристапните руднички патишта.

2. ЦЕЛИ И ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Основна цел на магистерскиот труд е дефинирање на практично најприфатливи методи со кои би се контролирале фугитивните емисии на прашина од процесите на депонијата за јаглен, одлагање на пепелта и пристапните патишта во РЕК Битола, со што би се создале услови за подобра животна и работна средина во РЕК Битола и пошироко на Пелагонискиот регион, како еден од главните извори на храна во Р.Македонија.

Деталната елаборација на мерките ќе има и едукативен карактер, односно ќе овозможи подобро разбирање и пред сè поширока примена на современите мерки за контрола на прашината, индицирана од површинските извори на прашина во рудниците за јаглен.

Поради тоа, во магистерскиот труд ќе бидат проучени повеќе видови на технологии за контрола на прашина применети во разни делови од светот како можни решенија за дадениот проблем, а детално ќе биде елабориран и предлог за избор на оптимални решенија за контрола на прашината создадена од основните површински извори на фугитивна прашина во РЕК Битола.

Предметот на истражување е во основа анализа на постојните системи за контрола на фугитивната прашина од површинските извори во рудниците за јаглен, пред сè прашината од процесите на депонирање на јаглен, одлагање на пепел и помошните операции асоцирани со нив и понудувајќи алтернативни решенија за нив, и тоа:

- Решение за контрола на прашина од пристапни патишта
 - Решение со прскање со вода од цистерни (A_1);
 - Решение со прскање со вода од стационарен хидросистем на прскалки (A_2);
 - Решение со аплицирање на адитиви (A_3).
- Решение за контрола на прашина од депонија за јаглен
 - Решение со набивање на рудните греди со основната механизација (A_1);
 - Решение со прскање на рудните греди со вода од стационарен хидросистем на прскалки (A_2);
 - Решение со аплицирање на адитиви (A_3).

- Решение за контрола на прашина при депонирање на пепел
 - Решение со покривање со земја (A_1);
 - Решение со прскање со вода (A_2);
 - Решение со аплицирање на адитиви (A_3).

Во функцијата на примарната цел-постигнување на минимално влијание врз животната средина со оптимален систем за контрола на прашина, разработена е процедура на оптимизација која се состои од избор на едно решение за оптимално од претходно наведените алтернативни решенија, кое истовремено ќе ја задоволи законската регулатива за гранични вредности на емисии на прашина создадена од површински извори и секако дека ќе биде економски и финансиски оправдано.

3. ИСТРАЖУВАЊЕ НА РАСПОЛОЖЛИВИТЕ ЛИТЕРАТУРНИ ПОДАТОЦИ

Во текот на истражувањето при изработката на овој труд, консултирана е обемна литература и се разработени повеќе техники за контрола на фугитивната прашина врз основа на искуствата од разни земји во светот, кои понатаму се адаптирани за наши услови како варијантни решенија за контрола на прашината од главните површински извори на прашина во РЕК Битола.

Од исцрпното истражување е донесен заклучок дека комплексноста и диверзитетот на оваа проблематика условуваат и различни пристапи во нејзиното решавање. Вообичено, ниту една од постоечките технолошки мерки, не може сама да овозможи задоволително ниво на заштита од прашината, поради што најчесто се применува комплекс од мерки, кои со своето заедничко дејство би дале позитивни резултати. Оттука произлегува и меѓусебната поврзаност на овие технологии, така што нивната интеракција и компатибилност при примената се основен услов за нивната ефикасност. Поради тоа и генерализацијата и класификацијата на одделните мерки за заштита од прашината имаат повеќе теоретско, отколку практично значење.

Основен извор на податоци беше најновото издание на компанијата Martin Engineering - Foundations 3, Neponset, Illinois U.S.A., *the Practical Resource For Total Dust & Material Control*, R. Todd Swinderman, P.E., Lrry J. Goldbeck & Andrew D. Martin, литература во која што се дадени исцрпни анализи за современите мерки за контрола на прашината кои се и главен предмет на разработка во овој труд.

Покрај тоа, беа проучени повеќе трудови и проекти што ја третираат оваа проблематика, како на пример:

- „Супресија, настанување и подигнување на прашина на површинските копови при камионски транспорт” - Миомир Микич, Даниел Кржанович, Миленко Јованович, Институт за рударство и металургија –Бор;
- „Истражување на економските ефективности и нормализација на условите во работната и животната средина на површинските копови” - д-р Ружица Лековски, ИРМ Бор (октомври 1998г.);
- „Камионски транспорт на површински копови” - проф. д-р Ранко Борович, од чии трудови се добива јасна претстава за примарното алтернативно решение за камионски транспорт во рудниците со

површинска експлоатација на рудата (јагленот) во споредба со други начини на транспорт низ рудниците.

Во овие материјали се образложени разни мерки за контрола на прашината која се создава при експлоатацијата и согорувањето на јагленот, како и последиците кои се јавуваат од нејзиното присуство врз здравјето на луѓето и негативното влијание врз опремата, механизацијата, видливоста и отежнувањето на работата во рудниците.

Посебно беше разгледна и книгата „Рударска хидротехника“ од д-р Мирослав Игњатович и проф. д-р Миодраг Миљкович, Бор, 2004год., во која е разработена постапката за прскање на транспортните патишта со стационарни хидросистеми со прскалки приклучени на системот за одводнување на површинскиот коп, чија предност на примена се гледа во можноста за создавање на водена завеса по должината на транспортните патишта.

Дополнително беа разгледувани бројни научни трудови од традиционалниот Меѓународен симпозиум за рударство и заштита на животната средина во Србија, во кои се разработени еколошките проблеми со депонирањето на пепел и шљака во ТЕ„Костолац“ и превентивните мерки за заштита од штетното влијание од пепелта, како:

- „Предлог-решенија за одлагање на идните количини на електрофилтерска пепел“, Гвозденович С., Команович М., Черан Н.;
- „Депонија пепел и шљака ЈП ТЕ-Костолац, положба, формирање, експлоатација, влијание на животната средина, мониторинг и заштита од влијанието на депонијата“, Јанчич В., Цвијанович П.;
- „Превентивни мерки за заштита од штетното влијание од одлагањето на пепел од термоелектраните на ЕПС“- Живојинович Р., Бабович М., Милошевич Ј.

Користена е литература и од домашни автори, објавена во национални и меѓународни списанија и зборници, од која ќе ги истакнеме:

- Мираковски Д., Десподов З.: „Контрола фугитивне прашине на местима транспортера- решење за слагалицу“, Транспорт и логистика, бр.7, ИССН 1451-107X, Београд, 2004;
- Мираковски Д., „Controlling Fugitive Dust at Transportation Roads - Cost or Profit“, International Conference on Mine Transportation, Budva, May 2005, Serbia and Montenegro;

- Мираковски Д., Кепевски А., Десподов З.: „Можности за примена на современи методи за заштита од фугитивната прашина во Цементарница Усје – Скопје“, Меѓународно советување - Цемент 2002, 15-18 мај 2002, Струга, Македонија;
- Мираковски Д., Грујиќ М., Кисиќ Д.: „*Wind erosion prevention at TENT fly ash ponds*“, 4 Regional Conference on EMS Implication on Electric Power Industry, Tara 11-15 September, 2006, Serbia.

На крај, со цел да се проучат методите на повеќекритериумската анализа, беа разгледани трудовите на:

- Марјанович.С.: „Донешење одлука у привредним организацијама“, Информатор, Загреб, 1971;
- Чупич. М. „*Rao Tummali*“;
- Јовичевич М. (2001): „Информација и одлучивање“, Економски факултет, Подгорица;
- Чупич М, Шукнович М, (1994), „Вишекритеријумско одлучивање: Методи и примери“, Универзитет БК, Београд;
- Saaty T. (1980), „*The Analytic Hierarchy Process*“, Mc Grow-Hill, New York, USA.

Во нив детално е опишан процесот на донесување на одлуки при избор на најприфатливо решение за одреден проблем.

4. МЕТОДОЛОГИЈА НА РАБОТА

При изработката на овој труд е консултирана обемна литература, односно книги, списанија и зборници на трудови од предметната проблематика, како и повеќе проекти во кои се разработени податоците за конкретните извори на фугитивни емисии во РЕК Битола, поточно Депонијата за јален, Одлагалиштето за пепел и пристапните руднички патишта.

Земени се предвид искуствата од индустриски или полуиндустриски испитувања на разни методи во Индустрискиот институт во Тексас, ЦИС Франција, Мидвест Индустријал Суплај во Кентаки-САД, потоа испитувањата на адитивите направени на Универзитетот во Guelph, Универзитет во Бон - Германија и разгледани се индустриските проби за стабилизација на земјени површини во Викторија - Австралија и во Малезија.

Врз основа на анализата на техничките податоци кои се однесуваат на РЕК Битола, дефинирани се главните извори на фугитивни емисии со нивна точна локација, димензија и површина за што се дадени и алтернативните решенија за намалување на прашина од нив.

Евалуација на прифатливите решенија за контрола на прашина од површинските извори на прашина во РЕК Битола е направена врз основа на комплетна техничко-финансиска анализа на дефинираните мерки.

Изборот на оптимално прифатливо решение е направен со помош на повеќекритериумската анализа за одлучување АХП (Аналитички хиерарсиски процеси), која дава можност за оптимизирање не само во однос на една критериумска функција (на пример, минимално влијание врз животната средина), туку овозможува и вклучување на други критериумски функции со различен карактер, на пример услови на работната средина, инвестициски вложувања, оперативни трошоци и сл.

Методата на **Аналитички хиерархиски процеси** (АНР) е една од најпознатите методи за научна анализа и донесување на одлуки со конзистентно хиерархиско вреднување за која што Thomas Saaty (Saaty, 1980) дал идејни и математички основи, а сопственик на лиценцата за софтверска реализација на овој DSS, во верзии за поединечно и групно донесување на одлуки, е фирмата Expert Choix, Ins од Питсбург во САД.

Аналитичкиот хиерархиски процес спаѓа во класата на методи за лесна оптимизација. Во основа се работи за специфична алатка за формирање и

анализа на хиерархијата за одлучување. Најпрво овозможува интерактивно креирање на хиерархијата на проблемот како подготвително сценарио за одлучување, а потоа вреднување во паровите на елементи во хиерархијата (цели, критериуми и алтернативи) во top-down насока. На крајот се врши синтеза на сите вреднувања и по строго утврден математички модел се одредува тежинскиот коефициент на сите елементи од хиерархијата. Збирот на тежинските коефициенти на елементите на секое ниво на хиерархијата е еднаков на еден, што му овозможува на носителот на одлуки да ги рангира сите елементи во хоризонтална и вертикална смисла.

АНР овозможува интерактивна анализа на осетливост на постапките на вреднување на конечните рангови на елементите од хиерархијата. Покрај тоа, се проверува конзистентноста на резонирањето на донесителот на одлуки и утврдување на исправноста на добиените рангови на алтернативи и критериуми, како и на нивните тежински вредности.

Методолошки гледано, АНР е повеќекритериумска техника која се заснова на разложување на сложениот проблем во хиерархијата. Целта на проблемот се наоѓа на врвот на хиерархијата, додека критериумите, поткритериумите и алтернативите се наоѓаат на пониските нивоа.

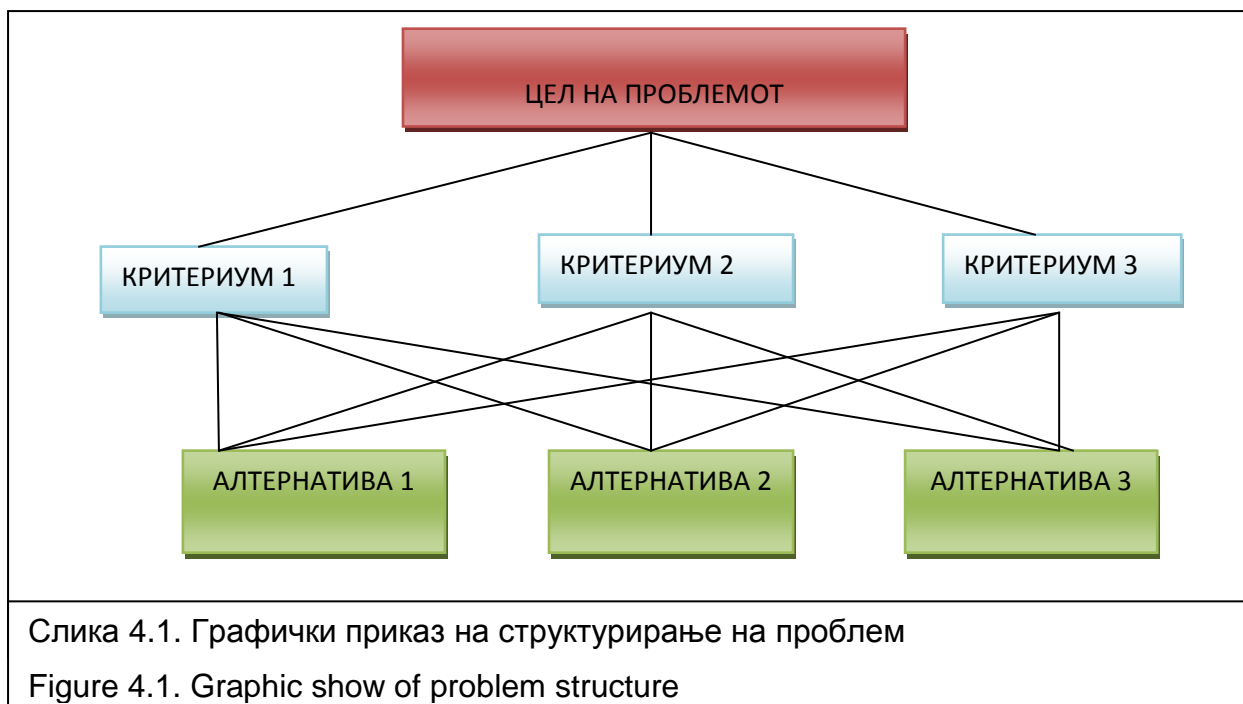
Оваа метода е многу флексибилна и овозможува кај сложените проблеми со многу критериуми и алтернативи релативно лесно да се најдат релации помеѓу влијателните фактори, да се препознае нивното експлицитно или релативно влијание и значење во реални услови и да се одреди едниот доминантен фактор во однос на друг.

Подрачјето на примена на методата е повеќекритериумското одлучување, каде што врз основа на дефинирано множество на критериуми и вредности на атрибутите за секоја алтернатива се врши избор на најприфатлива алтернатива, односно се прикажува потполниот распоред на важноста на алтернативите во моделот. Притоа се евидентирани четири фази за примена на методата:

- структурирање на проблемот;
- прибирање на податоци;
- оценување на релативните тежини;
- одредување на решението на проблемот.

Структурирањето на проблемот се состои од декомпозиција на одреден сложен проблем на одлучување во серија на хиерархии, каде секое ниво претставува помал број на управувани атрибути. Графички приказ на структурирање на проблем е претставен на слика 4.1.

На врвот се наоѓа целта, на првото ниво се наоѓаат n критериуми кои се споредуваат во однос на непосредниот елемент на повисокото ниво, овде тоа е целта на нултото ниво. Вкупно е потребно $n(n-1)/2$ подредувања, што значи дека бројот на подредувања приближно одговара на квадратот на бројот на елементи кои се споредуваат. Истата постапка се спроведува и одејќи надолу низ хиерархијата, сè додека на последното ниво k не се извршат споредувањата на сите алтернативи во однос на критериумите од претпоследното $k-1$ ниво.



Во методата на разработка на Saaty, дефинирани се аксиоми на кои се базира АНР:

- Аксиома на реципроцитет: Ако елементот A е n пати позначаен од елементот B , тогаш елементот B е $1/n$ пати позначаен од елементот A .
- Аксиома на хомогеност: Споредувањето има смисла единствено ако елементите се споредливи.

- Аксиома на зависност: Споредувањата на пониското ниво зависат од елементите на повисокото ниво.
- Аксиома на очекувања: За секоја промена во структурата на хиерархијата е потребно повторно пресметување на приоритетот во новата хиерархија.

Секое подредување на два елемента од хиерархискиот модел се врши со користење на Сатиевата скала, која е следна:

$$S = \{1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}.$$

Објаснувањата за овие вредности се следни:

Скала/Scale	Рангирање/Ranking	Објаснување/Explanation
1	Еднакво важно/Equally important	Двата критериума или алтернативи еднакво придонесуваат кон целта / Both criteria or alternatives contribute to the objective equally
3	Умерено поважно / Moderately more important	Врз основа на искуства и процени се дава умерена предност на едниот критериум или алтернатива во однос на другиот /другата/ Based on experience and estimation, moderate preference is given to one criteria or alternative over the other
5	Строго поважно / Strictly more important	Врз основа на искуства и процени, строго се фаворизира еден критериум или алтернатива во однос на другиот /другата/ Based on experience and estimation, strict preference is given to one criteria or alternative over the other
7	Многу строга, докажана важност / Very strict, proven importance	Едниот критериум или алтернатива строго се фаворизира во однос на другиот/другата; неговата/нејзината доминација се докажува во праксата/One criteria or alternative is strictly preferred over the other; its dominance has been proven in practice

9	Екстремна важност / Extreme importance	Доказите врз основа на кои се фаворизира еден критериум или алтернатива во однос на друг / друга се потврдени со најголема сигурност / The evidence based on which one criteria or alternative is preferred over the other has been confirmed to the highest confidence
2, 4, 6, 8	Меѓувредности / Midvalues	

Резултатите од подредувањето на елементите на дадено ниво од хиерархијата се сместуваат во одредена матрица на подредување. На пр. ако меѓусебно се подредат n елементи во однос на даден елемент на непосредно повисокото ниво од хиерархијата, тогаш при подредување на елементите i во однос на елементот j по пат на Сатиева скала се одредува нумеричкиот коефициент a_{ij} и се сместува на соодветната позиција во матрицата A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}.$$

Реципрочната вредност на резултатот од споредувањето се сместува на позиција a_{ji} како би се зачувала конзистентноста на одлучувањето. На пр., ако е елементот 1 е значајно фаворизиран во однос на елементот 2, на местото a_{12} во матрицата A би бил бројот 3, тогаш на местото a_{21} би бил бројот $1/3$.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Матрицата A за случајот на конзистентните процени за кои важи $a_{ij} = a_{ik} a_{kj}$ ја задоволува равенката $Aw = nw$.

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Проблемот за решавањето на тежините може да се реши како проблем за решавање на равенката по w за не-нулто решение на својствената вредност λ .

$$A \cdot w = \lambda \cdot w$$

Матрицата A има посебни својства, таа е позитивна, реципрочна матрица, $r(A) = 1$ (сите нејзини редови се пропорционални на првиот ред, сите се позитивни и важи $a_{ij} = 1/a_{ji}$), заради кои само една нејзина својствена вредност е различна од 0 и е еднаква на n (сите останати својствени вредности се еднакви на 0).

Со оглед на тоа што сумата на својствените вредности на позитивната матрица е еднаква на трагот на таа матрица или на сумата на дијагоналните елементи, не-нултата својствена вредност има вредност n :

$$\lambda_{\max} = n$$

Доколку матрицата A содржи неконзистентни процени (во практичните примери скоро секогаш е така), векторот на тежината w може да се добие со решавање на равенката:

$$(A - \lambda_{\max} \cdot I) \cdot w = 0 \text{ под услов } \sum w_i = 1$$

каде што λ_{\max} е најголемата својствена вредност на матрицата A или:

$$A \cdot w = n \cdot w \Rightarrow \sum_j a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \text{ од каде следува дека } w = \frac{1}{n} \sum_j a_{ij} \cdot w_j$$

$$\text{Заради } \sum_i a_{ij} = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{w_j} \text{ важи } w_j = \frac{1}{\sum_i a_{ij}}$$

Тежината на поединечната алтернатива w_i според тоа е:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

Синтезата на приоритетите се врши на тој начин што локалните приоритети на алтернативите се пондерираат со тежините на сите јазли на кои им припаѓаат од најниското ниво на хиерархиската структура кон врвот, а потоа тие глобални приоритети за највисокото ниво се собираат и се конструира вкупен приоритет за поединечната алтернатива.

Заради својствата на матрицата A , важи $\lambda \geq n$, а разликата $\lambda_{\max} - n$ се користи во мерењето на конзистенцијата на проценката. Во случај на неконзистентност, колку λ_{\max} е поблиску до n , проценката е поконзистентна.

Конзистентност

Методата АНР спаѓа во популарните методи и од причина што има способност за идентификација и анализа на неконзистентноста на носителот на одлуката во процесот на споредување на елементите на хиерархијата.

Методата АНР овозможува следење на конзистентноста на процените во секој момент на постапката на споредување на паровите. Со помош на индексот на конзистенција $C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$ се пресметува односот на конзистенцијата $C.R. = C.I./R.I.$, каде што $R.I.$ е случаен индекс (индекс на

конзистенција за матрици од редот n на случајно генерирани споредби во парови - се користи таблица со пресметани вредности):

Табела 4.1. Вредности на случајните индекси RI (Saaty, 1980)

Table 4.1. Values of random index RI (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Ако за матрицата A важи $C.R. \leq 0,10$, проценката на релативните важности на критериумите (приоритети на алтернативите) се сметаат за прифатливи. Во спротивно, треба да се истражат причините заради кои неконзистентноста на проценката е неприфатливо висока и постапката се повторува од почеток.

5. ОПШТО ЗА ПОВРШИНСКИТЕ ИЗВОРИ НА ФУГИТИВНА ПРАШИНА ВО РУДАРСТВОТО

Под фугитивни емисии на прашина се подразбираат сите емисии на цврсти честички кои не се ослободени преку контролираните системи за вентилација односно издувните канали или оџаците (т.н. точкести извори). Кај фугитивните емисии честичките се дисперзираат во воздушната средина под дејство на воздушните струења или механичките удари (или комбинација од двете) во релативно неограничен простор.

За разлика од цврстите честички кои се емитираат од оџаците и издувните канали на вентилациските системи, фугитивната прашина не е поврзана со специфична локација или генерирана со одредена опрема.

Примери на фугитивна прашина во рударството се емисиите на прашина од процесите на откопување, товарање, транспорт и класификација на материјалите, емисиите од големите отворени површини на отворените складови на готови производи или депониите на отпадни материјали. Емисиите произведени од вентилациите на кровот (ridgeline roof-vents), отворите за воздух и отворените врати на зградите (објектите), како и отворите од оштетувањата на опремата и сидовите се исто така примери на емисија на фугитивната прашина.



Слика 5.1. Примери на фугитивни емисии на прашина во рударството

Figure 5.1. Examples of dust fugitive emissions in mines

Фугитивните емисии на прашина во рударството се доминантни во однос емисиите од точкестите извори, а што е посебно важно во составот на фугитивните емисии доминираат ситните фракции на прашина, односно фракциите под 10 μm . Крупните фракции на прашина (поголеми од 70 μm) почнуваат да се таложат во непосредна близина на изворите, додека честичките помали од 10 μm со помош на енергијата од ветерот остануваат дисперзирани многу подолг временски период и се транспортираат на поголеми растојанија.

Изворите на фугитивна прашина во рудниците, во зависност од геометриските карактеристики може да се поделат **линиски** и **површински**.

Линиски извори се патиштата, транспортните системи, откопните фронтови и сл.

Површински извори се најчесто депониите на готови материјали или депониите на јаловина и отпад од процесите на преработка. Генерално гледано, а поради површинската концентрација на активностите на површинските копови во целина може да се сметаат за површински извори на прашина.

Кај површинските извори е карактеристично што доминантен механизам на мобилизирање на честичките се воздушните струења, односно процесите на воздушна ерозија, а помала улога имаат придружните операции на истовар/утовар на материјалот и завршното фомирање на депониите.



Слика 5.2. Површински извор на фугитивна прашина

Figure 5.2. Surface sources of fugitive dust

Процесите на ерозија се посебно изразени кај ситнозрните и кртите материјали, како на пример јаглените, флотациската јаловина, електрофилтерската пепел и сл. Кај депониите на овие материјали, а поради големиот процент на екстремно ситни честички, ветерот лесно го мобилизира ситнозрниот материјал, па така при појава на посилен ветер се формираат облаци од прав кои ги дисперзираат честичките (зависно од нивните димензии) во пошироката околина.

Директното влијание на честичките на прашина пред сè е лимитирано во зоните на нивна поголема концентрација, односно во близина на изворите. Сепак, долготрајното изложување на нивното дејство претставува ризик за појава на респираторни заболувања на изложените луѓе и животни, проблеми во одржувањето и траењето на опремата, зголемување на застоите, нарушување на комфорот и безбедноста на изложениот персонал и сл.

Таложението на цврстите аероконтаминати надвор од зоната на копот може да има негативно влијаније врз квалитетот на почвите, водите, како и присутните растителни и животински видови.

Поради лесната видливост емисиите на прашина резултираат со низа негативни појави, кои во значителна мера ја нарушуваат општата еколошка прифатливост и имиџот на рудникот, а условуваат можни проблеми пред сè со инспекциските органи надлежни за контрола на хигиенско-техничките услови при работа.

5.1. Површински извори на прашина во РЕК Битола

5.1.1. Основни податоци за локацијата и микроклимата

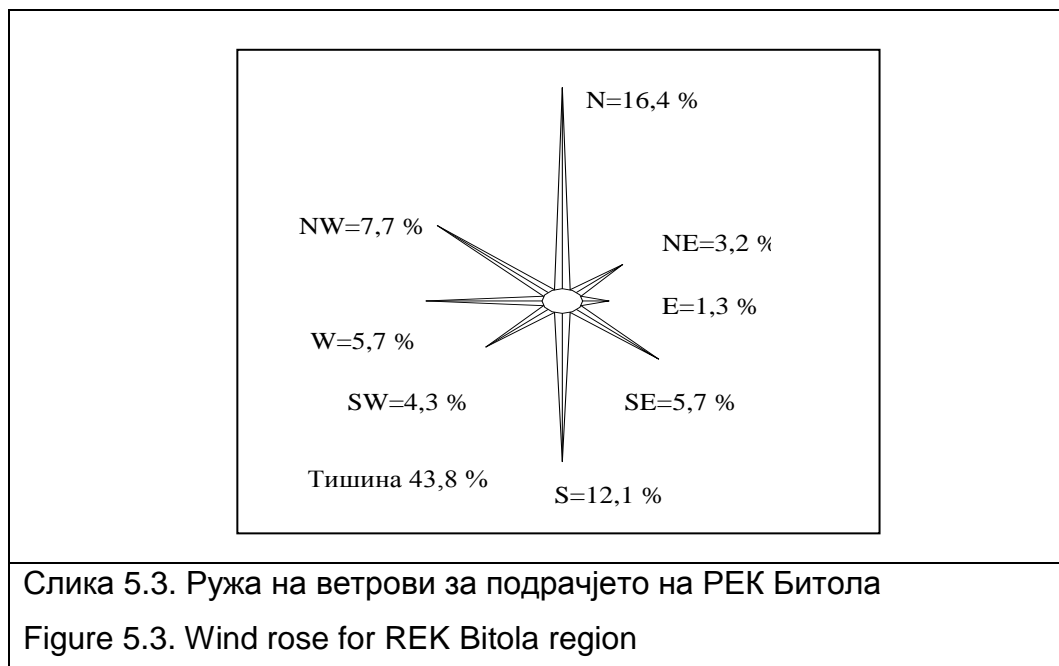
Рударско енергетскиот комбинат Битола е објект од стратешко значење и основен капацитет за производство на електрична енергија на Република Македонија, при што со право го носи епитетот носител на базната енергетика. Како подружница на АД ЕЛЕМ - Скопје тој покрива повеќе од 80% од потребите на електрична енергија на Република Македонија, како и голем дел од потребите на јаглен (лигнит) во индустриските котларници и широката потрошувачка.

РЕК Битола е лоциран во јужниот дел на Р.Македонија, во Пелагониската рамнина и е изграден врз основа на откриените резерви на

јаглен (лигнит), помеѓу селата Суводол, Врањевци, Билјаник, Паралово и Агларци на околу 12km источно од градот Битола, со географска ширина од $40^{\circ}41'$ до $41^{\circ}30'$, со просечна надморска височина од 600m и од сите страни заграден со високи планини кои се карактеризираат со планинска клима со суви и топли лета и долги студени зими, со релативен врнежлив режим и температурни разлики од $-23,8^{\circ}\text{C}$ до $-29,4^{\circ}\text{C}$, односно од $39,9^{\circ}\text{C}$ до $40,5^{\circ}\text{C}$.

Во летните месеци кога температурата на воздухот е висока, а количината на врнежи мала, релативната влажност е ниска (50-55%), а испарувањето е доста големо (500l/m^2) и изнесува 56% од годишното испарување. Во зимските месеци испарувањето е доста мало, а релативната влажност на воздухот висока (80%). Облачноста во овој регион има доста висока средногодишна облачност од 4,6%.

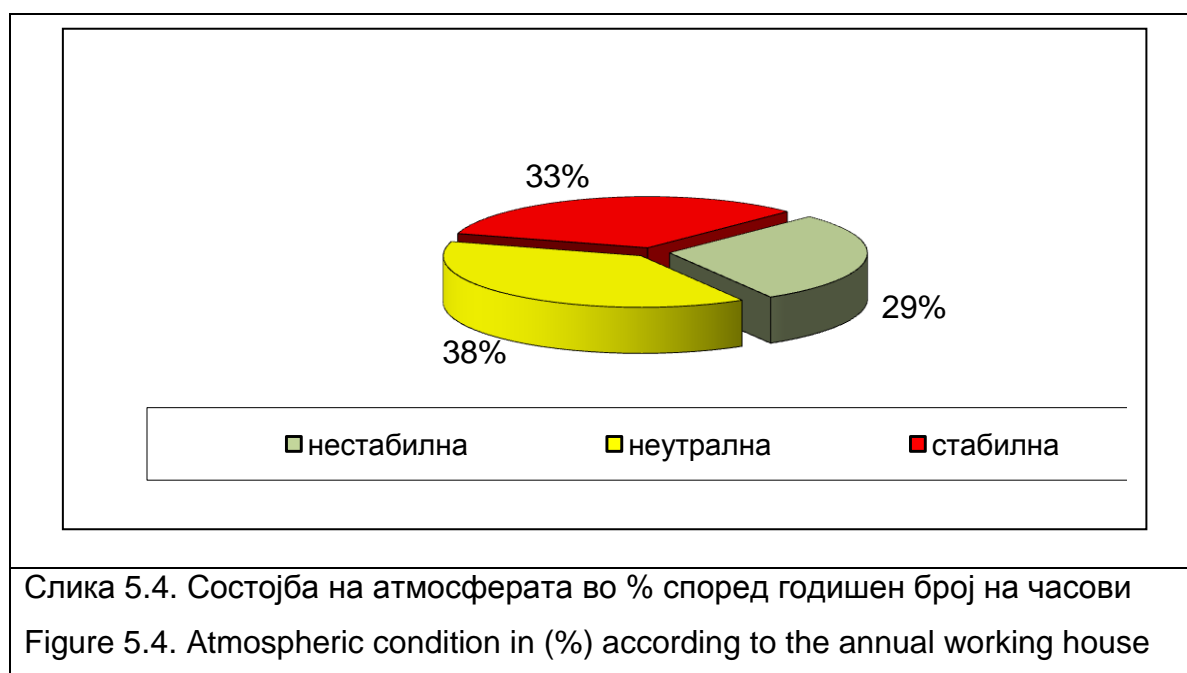
Од приложената ружа на ветрови може да се утврди дека Пелагонија се одликува со многу силни ветрови, но и со висока застапеност на периодите без ветрови - тишина (43,6%). Средната брзина на ветерот во разни правци се движи од 1,4 до 2,5m/s, а максималите брзини изнесуваат од 7,0 до 15,5m/s и тоа најголема зачестеност имаат северните и јужните ветрови како што е прикажано.



Состојбата со движењето на воздушните маси, појавата на струења и нивната зачестеност е прикажана преку просечната ружа на ветрови на зачестеностите и средните брзини на ветерот во осум правци во $0/00$ мерена во Метеоролошката станица во Битола.

Годишната количина на врнежи се движи околу 640l/m^2 (од 500 до 700l/m^2). Во октомври - ноември се јавуваат максимални количини на врнежи, а во периодот јули - август дури и во септември има минимални количини на врнежи, така што летната суша е редовна појава.

Врз основа на овие податоци се извршени анализи на состојбата на атмосферата со кои се определени дисперзионите коефициенти според кои и се врши класификација на метеоролошките услови за одредено подрачје, па од тоа е произлезен и заклучокот дека постои рамномерна присутност на сите видови на стабилност на атмосферата и не постои доминантна класа на стабилност, иако неутралната состојба е најзастапена.



Метеоролошките параметри (температура, брзина и насоката на движење на воздухот, како и мешањето - ветерот и турбуленцијата) имаат многу големо влијание врз процесите на загадување на воздухот кои понатаму ќе бидат земени предвид при изборот на соодветни мерки за заштита од прашина создадена од главните извори на фугитивни емисии на прашина во

РЕК Битола, а тоа се Одлагалиштето за пепел, Депонијата за јаглен и пристапните руднички патишта.

5.1.2. Опис на Депонијата за јаглен

Ископот на јаглен од Рудникот Суводол се остварува преку систем од багери и транспортери до Депонијата за јаглен, каде што во зависност од организациската експлоатација еден дел и тоа сса 20.000t дневно преку систем на багери и коси мостови се испорачува до бункерите за јаглен во Термоелектраната, а секако другиот дел се складира на Депонијата.

Депонијата за јаглен ги има следниве карактеристики:

- Површина на Депонијата за јаглен: $2,5 \cdot 10^5 \text{m}^2$
- Капацитет на Депонијата за јаглен max 701.659,00 t
- Број на пресипи - 11
- Број на ленти - 37
- Ширина на лента - 1.200mm со вкупна должина од 5.957m
- Ширина на лента: - 1.600mm со вкупна должина од 2.835m
- Димезии на рудните греди: - ширина: 30m
- должина: од 300 до 380m

- Капацитет на рудните греди:

Рудна греда Coal girder	1	2	3	4	Вкупен капацитет Total capacity
Капацитет Capacity	89.069,00t	60.934,00t	60.934,00t	98.208,00t	701.659,00t
Рудна греда Coal girder	5	6	7	8	
Капацитет Capacity	98.208,00t	95.229,00t	95.229,00t	104.659,00t	

- Багери РБ1 и РБ2: - 1.200t/h при копање,
- Багери РБ3 и РБ4: - 2.400t/h при копање.



Слика 5.5. Депонија за јаглен во РЕК Битола

Figure 5.5. Coal storage area in REK Bitola

5.1.3. Опис на Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола и начинот на одлагање

Во РЕК Битола најголем дел од отпадот претставуваат пепелта и згурата. Тие се создаваат во процесот на согорување на јагленот во котлите.

Создавањето на пепелта е непрекинато во текот на целата година и е директно врзано со работата на енергетските блокови.

Како резултат на согорувањето на јагленот во ТЕ Битола годишно се создаваат околу 1.500.000t електрофилтерска пепел, што се депонира на посебно изградена депонија во рамките на Рудникот Суводол, која зафаќа површина од 97.630m².

Пепелта од електраната до Одлагалиштето за пепел се транспортира со систем на транспортни ленти. Вкупно се во погон три независни транспортни системи.

- *Одлагалиште за пепел на одлагачка машина OM1-* зафаќа површина од 5.000m² и на него се врши одлагање на пепел и згура со одлагачка машина со капацитет од 250t/h, преку осум транспортери со ширина на транспортната лента од 800mm и осум пресипни места.

По одлагањето кое се врши во оформена касета се врши покривање со јаловина во висина од 30 до 50cm и се растура со булдожери. Активните косини се изложени на воздушна ерозија, што е главен извор на фугитивни емисии во воздухот.



Слика 5.6. Одлагалиште за пепел на OM1 и пристапен пат
Figure 5.6. Ash dumping area with OM1 and access road

- *Одлагалиште за пепел на одлагачка машина OM2* - на кое се врши одлагање на пепел и згура на површина од 7.500m^2 со одлагачка машина OM2 со капацитет од 250 t/h преку седум транспортери со ширина на транспортната лента од 800mm и осум пресипни места. На завршените косини на одлагалиштето се врши рекултивација со багремови дрва, додека активните површини се исто така изложени на воздушна ерозија, па при струење на ветрот со брзина поголема од 10m/sec се врши дисперзија на прашина во кругот на РЕК Битола, што посебно штетно влијае и на опремата и на здравјето на вработените.

Дополнителни извори на фугитивни емисии и на ова одлагалиште се движењата на возилата и механизацијата која што се користи за одржување на системите.



Слика 5.7. Одлагалиште за пепел на OM2

Figure 5.7. Ash dumping area with OM2

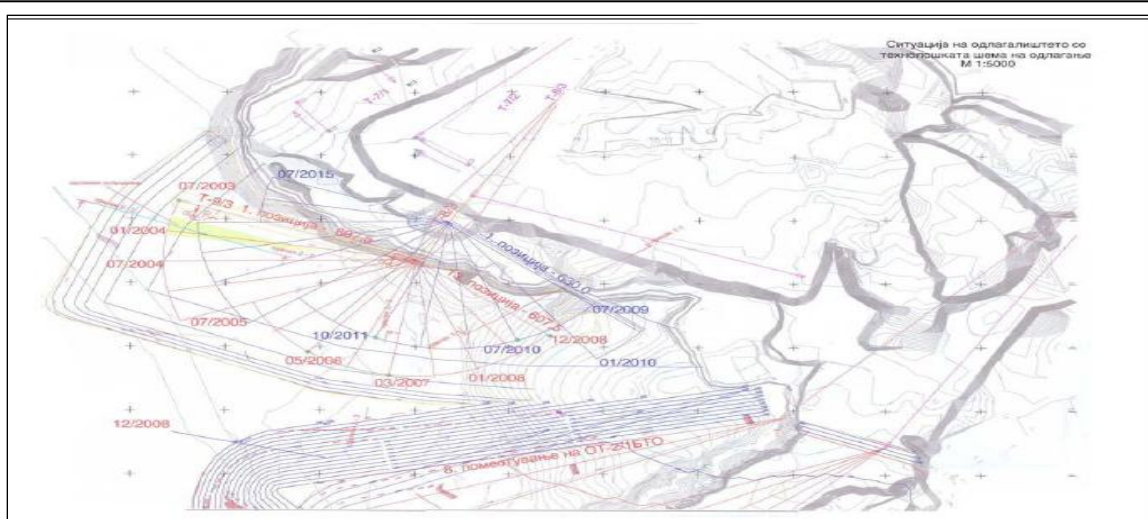
- *Одлагалиште за пепел на одлагачка машина OM3* - каде што одлагањето на пепелта и згурата се врши со девет транспортери и десет пресипни места со капацитет на транспортерите и одлагачката машина од 500t/h. Ширината на транспортните ленти е 1.200mm. Одлагањето се врши на површина од 25.000m², а главен извор на фугитивна емисија се активните косини на одлагалиштето. Останатиот дел од одлагалиштето се покрива со јаловина со висина на слојот од 30 до 50cm, но секогаш во процесот на производство како рудничка операција остануваат непокриени површини од околу 3.000 до 4.000m² што претставува дополнителен извор на фугитивна прашина. Како што беше наведено и за претходните две одлагалишта, така и овде дополнителен извор на фугитивни емисии се движењата на возилата и механизацијата за одржување на системот, но како главен извор останува воздушната ерозија на одлагалиштето поради одлагање на терен и на неправилно оформената касета за одлагање.



Слика 5.8. Одлагалиште на пепел на OM3

Figure 5.8. Ash dumping area with OM3

На сите три одлагалишта за пепел и шљака постојат вкупно 37 транспортери со вкупна должина од 10.000m и се користат транспортни ленти во должина од 20km.



Слика 5.9. Ситуација на одлагалиште за пепел со технолошка шема на одлагање

Figure 5.9. Plot plan of ash dumping area with the technology sheme for ash unloading

Најголем дел од пепелта од околу 90% се одлага со транспортерот Т-9/3, кој е изведен како преместувачки и се наоѓа на северниот дел од просторот за складирање на пепелта и се наоѓа на Депонијата за пепел на ниво ссa 668m n.v.- 670m n.v.

По транспортерот Т-9/3 се движи одлагачот со гасеници, со вртлива стрела со должина 30m. Технички карактеристики на одлагачот за пепел се следниве:

	Единечна мера	Карактеристики
Вкупна тежина (без материјал)	t	162
Капацитет на одлагање	t/h / (m ³ /h)	500 / 840
Насипна тежина на пепелта	t/m ³	0,6
Наклон на теренот - работни услови:		
- надолжен	%	5=1:20
- попречен	%	5=1:20
Наклон на теренот за преместување:		
-надолжен	%	10=1:10
- попречен	%	5=1:20
Димензии:		
Должина max	m	54,8
Ширина max		11,0
Висина max		13,7
Должина на одложна лента	m	30
Должина на приемна лента	m	18
Основа:		
- растојание помеѓу гасениците	m	6
- ширина на елементите		2,5
- растојание помеѓу погоните и тркалата		7,06
Носечка површина на гасениците	m ²	35
Среден притисок на основата	N/cm ²	6

Сите транспортерите се со отворена изведба што се резултира со екстензивна емисија на ситни честички во сите фази на транспортот и одлагањето на пепелта. Од аспект на интензитетот и времетраењето, најзначајни се емисиите на прашина од косите површини на одлагалиштето како резултат на еолската ерозија.

Просечниот минералошки состав на ЕФП е даден во следната табела 7.10.

Табела 5.1. Минералошки состав на пепелта

Table 5.1. Minerological content of ash

Елемент Element	Содржина во % Contents in %
SiO ₂	49.70
Fe ₂ O ₃	7.25
Al ₂ O ₃	18.23
CaO	8.39-10
SO ₃	7.96
P ₂ O ₅	1.31
TiO ₂	0.98
Na ₂ O	0.91
H ₂ O	1.77

Згурата, како несогорен дел од јагленот, не се носи на одлагалиштето, туку се враќа назад на депонијата за јаглен, а потоа измешана со јагленот повторно се користи како гориво.

Одлагањето на пепелта главно се врши на локацијата на инсталацијата. Дел од пепелта се продава на Титан Цементарница-Скопје, околу 120.000 метрички тони годишно, истата се изнесува од локацијата и се користи во процесот на производство на Цементарницата во Скопје.

Гранулометрискиот и хемискиот состав на ЕФП дополнително влијаат на зголемување на интензитетот на издвојување на лебдечки честички на ЕФП, како и на нивната поголема мобилност.



Слика 5.10. Приказ на косините на Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола
Figure 5.10. Review of narrow sides of ash dumping area in REK Bitola

Најголема опасност произлегува од подигањето и расејувањето на пепелта во околината, како резултат на воздушните стужења. Начинот на кој моментално се одлага цврстиот отпад придонесува за оваа појава, пред сè поради големата висина и косина на страничните сидови на депонијата со што тие се подложни на еолска ерозија.

6. ОПИС НА МЕРКИ ЗА КОНТРОЛА НА ФУГИТИВНАТА ПРАШИНА ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА

Генерално сите операции кои се изведуваат во рударската индустрија се проследени со интензивни фугитивни емисии на прашина, а најмногу депониите за јаглен и пепел.

Во зависност од карактеристиките на изворите на фугитивни емисии и начинот на дејство на мерките за контрола, во светската литература се презентирани поголем број различни видови класификации, иако сите тие во основа се сведуваат на следниве три поделби:

- според нивниот карактер,
- според опсегот на дејствување,
- според начинот на дејствување.

Според најголем број автори, а зависно од **карактерот**, мерките за заштита од прашина може да се поделат на *технички* и *организациски*.

Мерките од *техничка* профилакса како начин за остварување на целта користат одредени технички средства и уреди (вентилатори, филтри, прскалки).

Од друга страна, со *организациските мерки* преку посебни постапки на организација на работењето (намалување на работното време, простор меѓу смените, ротација на работните места и сл.) се намалува степенот на експонираност на индивидуите (работниците) на штетната минерална прашина, со што се постигнува истот ефект, односно заштита на здравјето на рударите.

Тука мора да се има предвид фактот дека само техничките мерки се сметаат за примарно средство за заштита од прашина во рудничката атмосфера, додека организациските мерки само ги надополнуваат во услови кога тие не се доволни или кога нивната поинтензивна примена ја надминува економската логика.

Втората, мошне често применувана поделба на мерките за борба со прашина е според **опсегот на нивното дејствување**, според која тие се делат на мерки за *колективна* и *индивидуална (лична) заштита*.

Во мерките за *колективна заштита* спаѓаат сите мерки кои овозможуваат заштита од прашината во рудничката атмосфера во целина, а со тоа и заштита од респирабилната прашина на целокупниот персонал кој оперира во неа. Во оваа група спаѓаат следниве мерки: водените технологии за спречување на прашината (навлажнување на јагленовиот слој, воденото дупчење, водени патрони, водени завеси и сл.); технологиите за пречистување на воздухот (разни филтрациски уреди, маглени завеси, скрубери и сл.); како и рудничката вентилација.

Индивидуалните мерки се насочени на индивидуална заштита на експонираниот персонал, а се остваруваат со користење на специјална опрема и уреди кои ја редуцираат изложеноста на работниците на негативните влијанија на минералната прашина. Така, на пример, респираторите и заштитните маски овозможуваат пречистување на вдишаниот воздух од прашината, а со тоа и намалување на вкупната количина на респирабилна прашина во вдишаниот воздух, заштитната облека и очила ги штитат кожата и очите од иритантното дејство на прашината итн. Организациските мерки на заштита претставуваат посебна група на индивидуалните мерки на заштита. Мора да се напомене и дека сите средства за лична заштита подлежат на строгите стандарди, како за нивниот квалитет, така и за начинот на примена.

Според **начинот** на дејствување, мерките за контрола на фугитивната прашина се делат на следниве групи:

- *Каптирање* (запирање на ширење на прашината) со едноставни механички средства кои треба да ја задржат прашината во лимитиран простор околу изворот;
- *супресија* (соборување) на прашината со зголемување на кохезијата и масата на ситните честички прашина со што се овозможува нивно забрзано таложење;
- *собирање / филтрирање* на суспендираните честички од прашината.

Во минатото овие три пристапи беа претставувани како независни решенија кои се натпреваруваат на пазарот. Секој производител тврди дека неговиот систем е најсоодветно и најефикасно решение, истовремено укажувајќи на слабостите на конкурентските системи. Но, во реалноста, голем

број постројки ширум индустријата се соочуваат со слабите перформанси и неуспех на инсталациите базирани на едностран пристап.

Досегашните истражувања и искуства речиси со сигурност укажуваат на фактот дека не постои единствена технологија која може во целост да обезбеди задоволително решение на проблемот, посебно во услови на сè поригорозните прописи кои бараат екстремно висока ефикасност. Со цел да се обезбеди успешна програма за контрола на прашината, неопходно е сите споменати мерки да не се гледаат како конкурентни, туку како меѓусебно поврзани компоненти кои заедно функционираат за остварување на зацртаните параметри.

Следствено на гореизнесените констатации, очигледно е дека само интегрирано решение кое ги користи најдобрите особини на сите набројани мерки за намалување на прашината може да обезбеди ефикасна и економична контрола на прашината.

6.1. Мерките за контрола на фугитивна прашина од линиски извори

Задржувањето на материјалот во главниот поток и намалување на брзината на струење на воздухот во зоните на генерирање на прашината како дробилиците и пресипните места е клучна за успешна примена на кој било систем за супресија или филтрација на прашината. Изборот на технологијата која ќе биде применета (супресија или филтрација) е условен од специфичните услови на процесот, применетата опрема и карактеристиките на материјалот. Подетален опис на сите мерки за намалување на прашината е даден во продолжение.

6.1.1. Каптирање

Каптирањето е основна мерка која се комбинира со сите останати технологии, а се состои од внимателен избор на најсоодветни механички и други средства за спречување на загуби на материјалот и намалување на брзината на воздухот во зоната на генерирање на прашина. Соодветно каптирање треба значително да го редуцира интензитетот на генерирање и посебно на дисперзија на прашината. За максимална ефикасност, препорачливо е дополнително користење на флексибилните еластомерни

ленти по должина на сидовите на пресипите, како и инсталацијата на воздушни завеси за намалување на брзината на струење на воздухот.



Слика 6.1. Применето каптирање

Figure 6.1. Example for capture

Од голема важност е соодветното функционирање на транспортните уреди, така што користењето на уреди за чистење на лентите, нивно насочување и апсорпција на ударите во зоната на товарање овозможуваат значителна редукција на загубите на материјал, а со тоа и намалување на емисиите на прашина.

6.1.2. Системи за супресија на прашина

Кај *системите за супресија* на прашина вода (со или без адитиви) се додава во форма на млаз, магла или пена, со цел да се зголеми кохезијата меѓу честичките, а со тоа и нивната маса со што полесно би се исталожиле назад во потокот на материјалот. За таа цел, развиени се голем број комерцијално расположливи системи кои се движат од високо софистицирани автоматизирани до обични системи за распрскување со вода.

6.1.2.1. Системи за супресија со чиста вода

Распрскувањето вода врз материјалот е најстариот начин за контрола на прашината, во кој со додавање влага на материјалот, неговата кохезивност се зголемува и интензитетот на издвојување на прашина се намалува. За ефикасно дејство на овие системи, неопходни се големи количества вода (зависно од материјалот од 1 до 10%). Вишокот на вода, од друга страна, може да предизвика проблеми со транспортот и процесирањето (зголемување на масата, лепење на ситата и инките, замрзнување, корозија и сл.) како и намалување на квалитетот на материјалот. Од тие причини овој систем има лимитирана и сè помала примена во современата индустрија.

6.1.2.2. Системи за супресија со хемиски адитиви

Хемиските адитиви се додават на водата со цел за да се намали нејзиниот површински напон, со што се зголемува нејзината можност за намалување и агломерација на честичките. Вообичаено на тој начин се зголемува ефикасноста на системите и се обезбедува резидуален ефект кои зависно од видот на адитивот може да биде многу долготраен. Адитивите расположливи на пазарот се движат од еднокомпонентни евтини сурфактанти до специјални смеси дополнети со органски такифери или биндери. Вообичаено додавањето на адитив ја зголемува цената за примена на системите за распрскување вода, но најчесто дополнителните бенефити како зголемена ефикасност и резидуалните ефекти ги оправдуваат трошоците. Секако, неопходноста од континуирано издвојување средства за хемикалиите мора да биде внимателно проценета. Дополнително, особено внимание мора да се посвети и на можното влијание на адитивите врз квалитетот на материјалот или последователните процеси на преработка.

6.1.2.3. Системи за супресија со магла

Системите за супресија со магла претставуваат повисоко ниво на класичните системи за распрскување вода. Овие системи користат специјални млазници за генерирање на екстремно мали капки, со што се зголемува бројот на капки во зоната на издвојување на прашината, а со тоа драстично се подобрува фаќањето и агломерацијата на ситните честички.

Постојат две основни методи на продуцирање на фина водена магла. Првата техника користи двофлуидни млазници (со вода и компримиран воздух), а втората специјални млазници во кои со висок притисок на водата се формираат ултрафини капки.



Слика 6.2. Системи за супресија со магла
Figure 6.2. Fog suppression system

Правилно дизајниран систем за магла може да обезбеди одлична ефикасност на супресија на прашината при разумни оперативни трошоци. Меѓутоа, со оглед на фактот што системите се релативно посложени, можни се проблеми со функционирањето доколку правилно не се одржуваат (посебно кај двофлуидните млазници). Исто така, за максимална ефикасност неопходно е квалитетно каптирање на пресипните места, што во праксата не секогаш е можно. Друг потенцијално лимитирачки фактор се релативно високите капитални трошоци кај поголемите системи со голем број пресипни места.

Сепак, соодветно избраните и инсталирани системи со магла можат да обезбедат максимално ефикасна контрола и претставуваат одличен избор во голем број случаи.

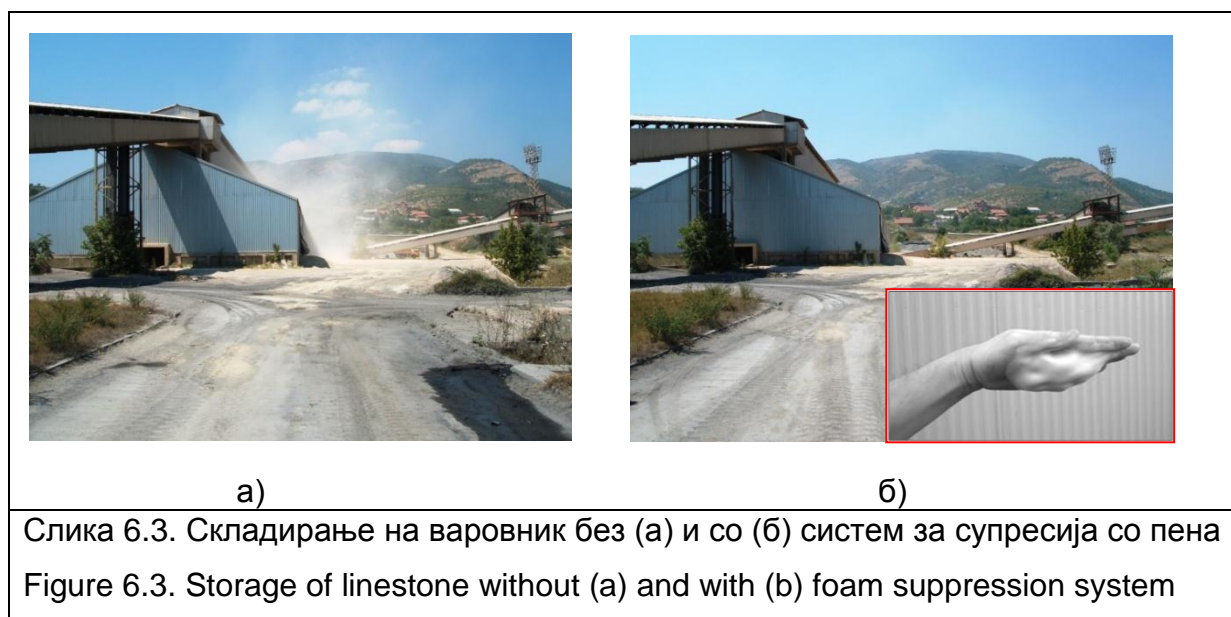
6.1.2.4. Системи за супресија со пена

Кај системите за супресија со пена, специјални адитиви се користат да ги конвертираат водата и воздухот во пена. На тој начин се формира сува,

стабилна и ситна пена. Адитивите најчесто се составени од пенливи surfактанти, а можат да содржат и навлажнувачки или врзивни компоненти.

Пената функционира слично на водениот спреј, со таа разлика што со неа се обезбедува многу подобра дистрибуција на водата, а со тоа и зголемување на ефикасноста и намалување на потребите од вода. Подобрената агломерација на честичките и непосредниот контакт со материјалот обезбедуваат резидуален ефект, така што прашината е елиминирана при подолг транспорт и повеќе пресипни места.

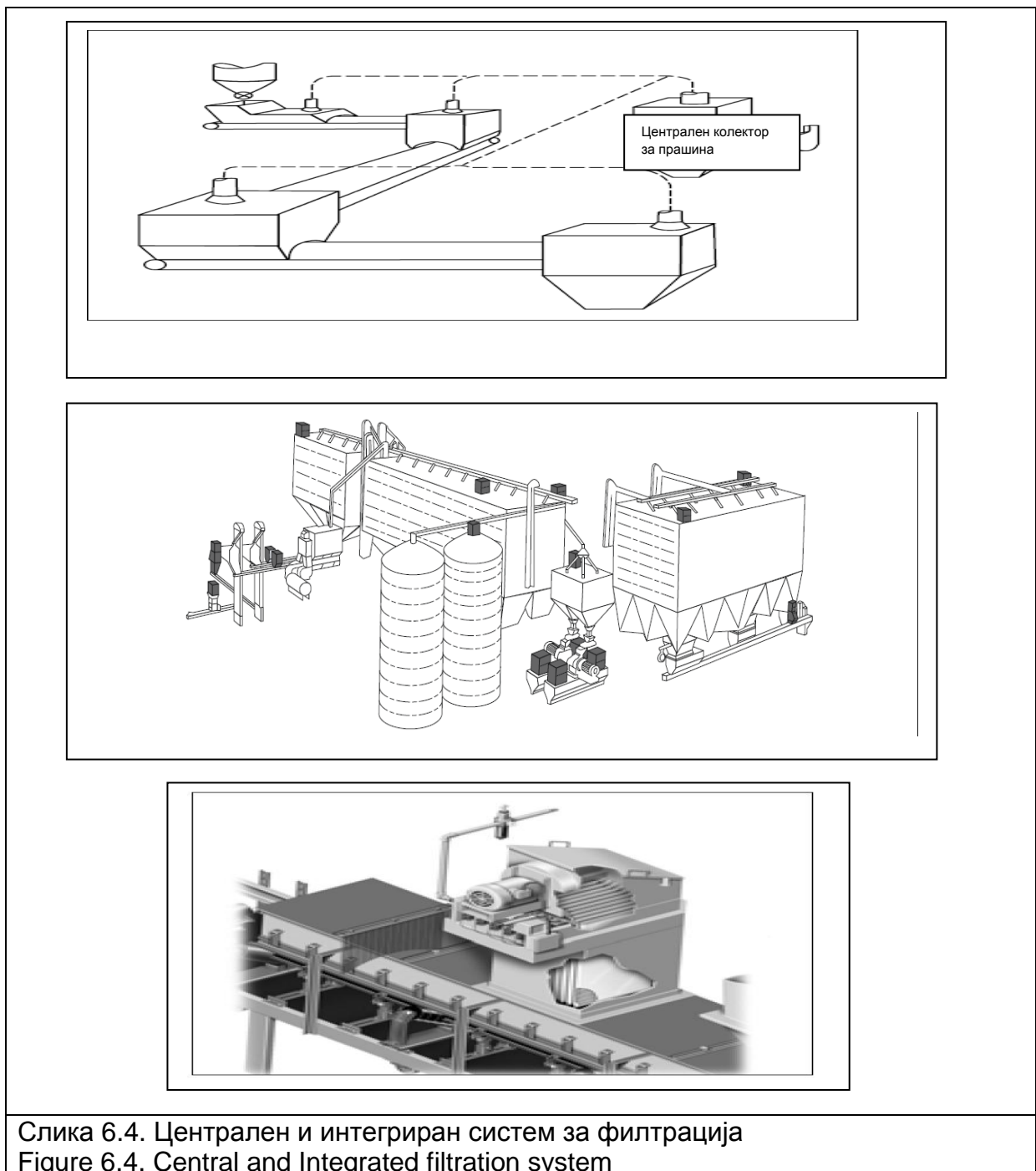
Системите за супресија со пена се релативно едноставни, така што трошоците за нивна инсталација и одржување се минимални, па претставуваат одличен избор особено кај комплексните инсталации за производство на градежни фракции кои бараат ефикасност и флексибилност при употребата.



Секако користењето на адитиви генерира дополнителни перманентни трошоци, кои најчесто се оправдани со високата ефикасност и релативно малите трошоци за инсталација и одржување на овие системи. Нормално како и во претходните случаи сите аспекти на примена на овие системи мора да бидат детално разгледани.

6.1.3. Системи за филтрација

Системите за *филтрација* користат механичка енергија за да го соберат воздухот од зоната на создавање / издвојување на прашина. Собраниот воздух се пропушта низ некој од уредите за филтрација (електростатски филтри, вреќести филтри или скрубери) за да се издвои прашина од воздухот, по што истиот воздух се испушта во атмосферата.



Слика 6.4. Централен и интегриран систем за филтрација
Figure 6.4. Central and Integrated filtration system

Постојат два основни пристапи при дизајнирањето на системите за филтрација и тоа:

- централни,
- поединечни или интегрирани.

Кај *централните* системи сите каптирани локации на издвојување / дисперзија на прашина се поврзани со цевководи на единечен филтер.

Поединечните системи се состојат од посебни филтри кои се поставуваат на секоја локација на издвојување на прашина.

Овие системи се докажани како високо ефикасно решение. Сепак, поради фактот што нивната инсталација вклучува значителен број на механички / електрични и контролни системи, нивната инсталација е доста скапа. Вообичаено и оперативните трошоци кај овие системи се доста високи, што ги прави помалку атрактивни во споредба со алтернативните системи за супресија. Сепак во голем број случаи овие системи може да претставуваат соодветно или единствено можно решение.

6.2. Мерки за контрола на фугитивните прадини од површински извори

Експонираните суви површини од депониите се изложени на континуирано и многу силно дејство на еолска ерозија. Резултат од таа ерозија се облаци од фугитивна прашина, кои можат да загрожат голем простор.

Експонираноста на овој проблем го услови развојот на големиот број на различни методи за контрола на фугитивната прашина кои можат да бидат од многу едноставни технологии на влажнење на површините со распрскување до сложени технолошки решенија на површинската стабилизација.

Според *принципот на дејствување*, сите технологии за контрола на фугитивната прашина можат да се групираат во три основни групи:

- *Технологија за редукација на брзината на воздушното струење,*
- *Технологија за изолација на потенцијалните извори на фугитивната прашина,*
- *Технологија за површинска стабилизација.*

6.2.1. Технологии за редукција на брзините на воздушно струење

Дејството на технологијата за редукција на брзините на воздушното струење се заснова врз намалувањето на расположливата енергија за подигање на честичките од изложените површини. Ако изложената површина е депонија за пепел, тогаш станува збор за екстремно фини честички, чија мобилност е голема, ефикасноста на овие технологии е ограничена и тие се применуваат како помош или како дополнување на некои други методи.

Против ерозивните методи своето дејство го засноваат врз основа на следниве принципи:

- поставување на системи од огради за ветер,
- подигнување на заштитниот вегетативен појас (висока вегетација),
- затревување на изложените површини.

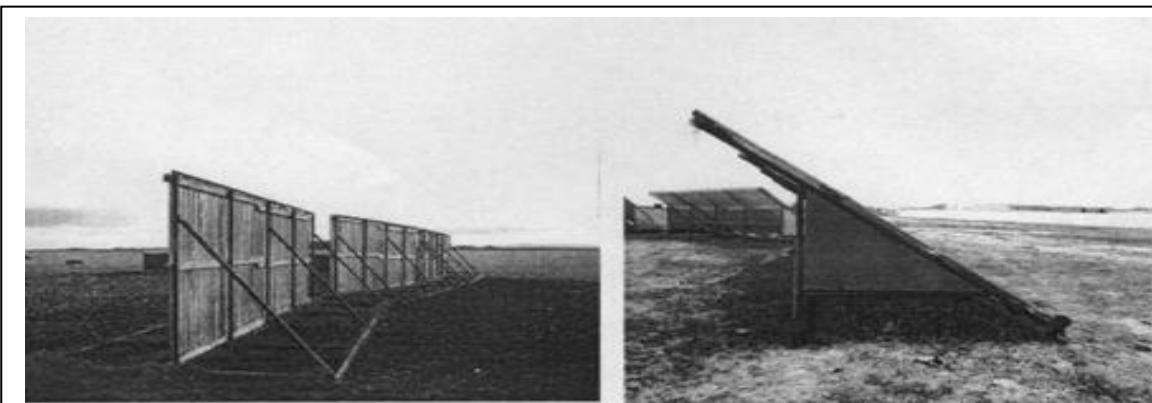
6.2.1.1. Огради за заштита од ветер

Оградите за заштита од ветер се евтини и едноставни конструкции кои се составени од панели (изработени од метал или пластика) и потпорни конструкции (кои најчесто се метални). Вообичаениот степен на корозија се движи од 0% до 25%. Во зависност од начинот на поставување, истите можат да бидат фиксни или мобилни, а во зависност од позицијата на панелот можат да бидат коси или вертикални.

Овие огради обично се поставуваат околу зоната која се заштитува, нормално на правецот на струење на ветерот. Ако станува збор за голема површина, оградите можат да се постават во повеќе редови, линиски или во вид на шаховско поле. Нивната положба се менува во зависност од промената на движење на ветерот.

Ова е доста евтина и едноставна метода за контрола на еолската ерозија, која сепак има многу ограничувања и која е најчесто применувана на рекултивирани површини, како заштита на слабата вегетација. Ваквите огради ја намалуваат само брзината на ветерот, додека за случај кога се работи за пепел која содржи голем процент на честички ефикасноста на оваа метода практично е безначајна. Доколку површините кои мораат да се заштитат се прилично големи, а правецот на ветерот е променлив, тогаш е неопходен

голем број на вакви огради, како и постојана промена на нивната положба во зависност од правецот на ветерот.



Слика 6.5. Огради за ветер: вертикална (лево) и коса (десно)

Figure 6.5. Wind fences: vertical (left) and narrow (right)

Покрај едноставноста и економичноста, оваа е недоволно ефикасна и непрактична (заради големиот број на панели и потребната корекција на положбата во зависност од правецот на ветерот). Заради тоа се смета дека самостојна примена на оваа техника е нерационална.

6.2.1.2. Подигнување на заштитниот вегетациски појас

Високата вегетација, односно подигнувањето на заштитниот појас секако дека е најстариот и најшироко применуваниот метод за противерозивната заштита.



Слика 6.6. Подигнување на високостеблеста шума

Figure 6.6. Raising high tree forest

Принципот на дејство во основа е ист како кај оградите против ветер, но имајќи предвид дека ако депонијата за пепел е сè уште активна, примената на оваа метода е исто така тешко можна од повеќе причини, па понатамошна елаборација на оваа техника е исклучена.

6.2.1.3. Покривање (засадување) на изложените површини со трева

Засадувањето на изложените површини со трева е многу ефикасна техника, заради целосното покривање на нестабилните површини и значајно поголема редукција на брзината на струење на воздухот во зоната на издвојување на прашината. Заради тоа, плитките коренови системи од ниска вегетација (трева) особено придонесуваат за стабилност на површинскиот слој, а со тоа ја зголемуваат ефикасноста на оваа метода. Со развојот на техниките за директно покривање со трева на биолошко неактивните материјали (како пепелта), користејќи ги агротехничните и инженерските постапки оваа метода стана многу атрактивна и широко применувана.



Слика 6.7. Покривање со приземна вегетација - трева
Figure 6.7. Coverage by ground grass vegetation

Новите методи за фиксација на семето, хранливите материјали и влагата овозможуваат подигнување на основниот вегетативен слој и во најлоши услови.

Заради тоа, како и заради визуелните ефекти, оваа метода сè повеќе се применува дури и за време на (среднорочна) противерозивна заштита на неактивните делови на депониите.

Од тие причини, се смета дека оваа метода има потенцијал за ограничена примена за дадени услови (посебно на деловите од резервни депонии, како на пример Депонија за јаглен).

6.2.2. Технологија за изолација на потенцијалните извори на фугитивна прашина

Технологиите за изолација на изворите на фугитивна прашина користат некоја форма на физичка бариера која го оневозможува т.е. спречува контактот помеѓу транспортниот медиум (воздушната струја - ветерот) со потенцијалните мобилни честички (честичките на пепелта). Со тоа се спречува суспендирањето на честичките, односно подигнувањето на прашината.

Постојат повеќе технологии за изолација на површинските извори на фугитивна прашина:

- покривање со земјен материјал,
- покривање со синтетички мембрани (геотекстил),
- покривање со асфалт, асфалт бетон, слаб бетон,
- покривање со пластични фолии.

Сите горенаведени технологии во основа имаат трајно дејство (со исклучок на пластичните фолии), нивната инсталација е скапа и обично за нив е потребно одредено одржување.

6.2.2.1. Технологии за изолација на изворите на фугитивните прашини на неактивни депонии

Првите три вида на технологии:

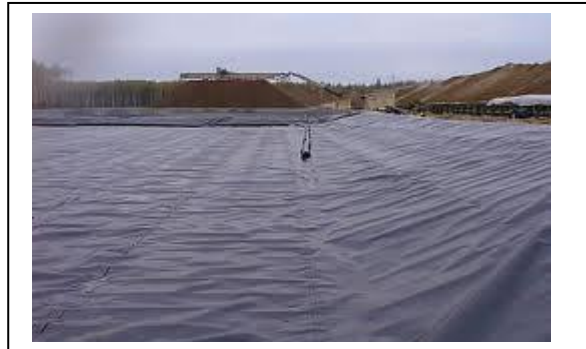
- покривање со земјен материјал,
 - покривање со синтетички мембрани (геотекстил),
 - покривање со асфалт, асфалт бетон, слаб бетон,
- можат да се применат на неактивни депонии.

Покривањето со земја е еден од најстарите, најприменуваните начини за изолација на изворите од фугитивни емисии, но секако не е крајно решение,

додека покривањето со *асфалт или бетон* не е можно секаде каде што има потреба од изолација на неактивната депонија.

Една од најсовремените техники за контрола на водената и воздушната ерозија е примената на *геотекстил*.

Геотекстилот претставува специјално дизајнирана ткаенина произведена во САД и во Канада, која многу често е употребувана за контрола на водената и воздушната ерозија.



Слика 6.8. Покривање на неактивни површини со геотекстил

Figure 6.8. Coverage by geotextile

Геотекстилот ги замени сите претходно користени гранулатни филтри и други слични производи. При изборот на правилен геотекстилен производ, потребно е прецизно дефинирање на производот во зависност од проектните услови. Треба да се избере геотекстил со добри карактеристики и тоа со соодветна јачина на кинење со што би се обезбедила сигурност и опстојување на конструкцијата, а истовремено на истиот би се икористиле и перфомансите на филтер. Постојат два вида и тоа неткаен и ткаен геотекстил, кои служат за постојана контрола на ерозијата и двата се стабилни на грубо набиени (рапави) почви. Неткаените обично се применуваат на почви со фини честички, каде што постојаноста на почвата е многу значајна. Ткаениот геотекстил дозволува фините честички да избегаат низ ткаенината, а тоа ги прави да бидат применливи за аплицирање таму каде што е потребна постојаност и можност од заптивање на неткаениот геотекстил.

Заштитните огради направени од ткаенини се изработени од полипропиленски конец кој им дава такви карактеристики на оградите да можат да му се спротивстават на деградациите на земјиштето со што би се сочувала вегетацијата и би се овозможила голема заштита на животната средина. Многу дистрибутери на вакви огради нудат готови огради заедно со специјални колци за прицврстување и друга додатна опрема за ефикасно и брзо монтирање на истите.

6.2.2.2. Технологии за изолација на изворите на фугитивните прадини на активни депонии

Технологијата за изолација на површинските извори на фугитивна прашина со пластични фолии е доста применлива за депонии од активен карактер, бидејќи нивната примена овозможува континуирана идна работа на депонијата.

Покривањето со пластични фолии е многу едноставен начин на изолација на можните извори на прашина, кој многу често се користи, пред сè како привремена заштита на мали површини. Примената на пластични фолии на големи површини вклучува специјални техники на монтажа (што ја намалува флексибилноста на оваа метода) и ги зголемува трошоците. Заради тоа обичните пластични фолии многу се подложни на вкрутување и распаѓање под

дејство на високи сончеви температури, додека дебелосидните фолии се премногу скапи.

Оваа едноставна техника се применува главно на суви површини од депонијата подложни на ерозија, а со нивно поставување се овозможува изолација од воздушното струење. Доколку фолиите правилно се постават и целата површина добро се покрие, ефикасноста на оваа техника е задоволувачка.



Слика 6.9. Депонија на минерални сировини покриена со пластични фолии

Figure 6.9. Dumping area for row minerals covered by plastic foil

Едноставноста на оваа техника овозможува доволна флексибилност. Инсталирањето и деинсталирањето на фолиите е едноставно и брзо и нема потреба од дополнително одржување. Обичните PVC фолии се релативно евтивни, додека поотпорните дебелосидни фолии значајно се поскапи.

Секако дека оваа техника поседува и извесни ограничувања. Како прво, оваа техника најчесто се применува на мали површини каде што може да се овозможи добар контакт помеѓу површините и фолиите, како и полесно фиксирање на фолиите. На големи површини, инсталирањето на фолиите е потешко. Мораат да се преземат посебни мерки како би се заштитила фолијата од кинење од дејството на ветерот, така што парчињата од фолии мораат да се преклопуваат и да бидат прилепени. Сите овие ограничувања ја отежнуваат

монтажата и демонтажата на фолиите, а истовремено потребна е поголема количина на фолија и систем за потпора на истите.

Пластичните фолии се многу подложни на дејството на UV зраците, така што фолиите со текот на времето стануваат крути и лесно се кинат. Сервисирањето и замената на фолиите на големи површини е многу тешко, бидејќи со секое поместување на фолијата таа може да се оштети. Многубројните тестирања покажуваат дека обичните PVC фолии имаат ефикасно дејство од 1 до 3 месеци, додека дебелосидните фолии можат да бидат ефикасни во период од 6 до 9 месеци, во зависност од временските услови на локацијата каде што истите се инсталирани. Во случај на интензивни воздушни струења во зоната на депонијата, релативно голем број на сончеви денови, ефикасноста на фолиите се приближува до најниската граница. Заради овие карактеристики, површините покриени со фолија можат да станат многу сериозен извор на секундарна емисија на наталожената прашина, што исто така мора да се земе предвид при нивната примена.

Земајќи го ова предвид може да се заклучи дека покривањето со пластични фолии може да се користи парцијално и тоа само како помошно средство во комбинација со други технологии.

6.2.3. Технологии за површинска стабилизација

Овие технологии вклучуваат примена на одредени техники за промена на својствата на депонираниот материјал во површинскиот слој со што би се намалила мобилноста на честичките, односно би се зголемила отпорноста на еолската ерозија. Овие техники вклучуваат:

- прскање со вода (чиста или со додаток на хемиски адитиви),
- употреба на биндери за креирање на површинската кора,
- термопластична стабилизација,
- криогена енкапсулација,
- ин-ситу енкапсулација,
- површинска фиксација.

Прскањето со вода, а во последно време употребата на биндери за формирање на површинската кора, се методи кои широко се применувани како противерозивна заштита во разни индустриски гранки, додека останатите

четири вида на технологии се алтернативни технологии кои вклучуваат примена на специјални техники на агломерација, загревање или замрзнување на површинскиот слој и сл.

Тие, всушност, се органско - аноргански хибридни материјали засновани врз епоксидна смола настанати со *in situ* сол - гел постапка и претставуваат нов вид на наноструктурни материјали. Како такви, нивната примена е ограничена на специјални случаи.

6.2.3.1. Прскање со вода

Површинската стабилизација на сувите површини со нивно навлажнување, односно *прскање со вода* е најстарата метода која може да се изведе со едноставно распрскување со градинарски црева до софистициран систем за автоматска контрола и ултрасоничен распрскавач. Принципот на дејствување е едноставен и вклучува феномен на капиларно и површинско навлажување.

Поимот *капиларно навлажнување* се дефинира со способност на водата да пенетрира во порозен материјал, исполнувајќи го притоа просторот помеѓу честичките и истиснувајќи го воздухот од порите на материјалот.

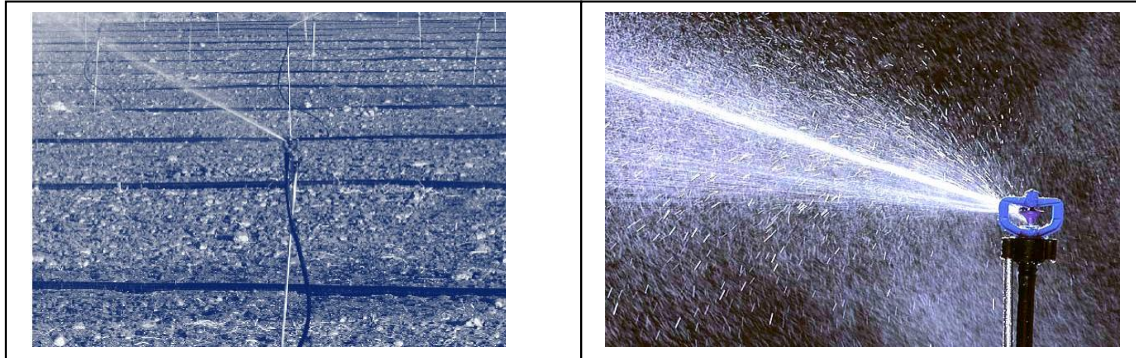
Површинското навлажнување е способност на водата да се рашири на дадена цврста површина и да ја навлажни истата. Како резултат од навлажнувањето на честичките на површината се издвојуваат два основни механизми на дејство и тоа:

- зголемување на тежината на потенцијално мобилните честички и
- нивна меѓусебна агломерација.

Зголемената тежина на честичките од една страна, како и нивно спојување и окрупнување (агломерација) од друга страна, значајно го смалуваат или во целост го спречуваат нивното суспендирање во атмосферата под дејство на ветерот. Употребата на доволни количества на вода го спречува суспендирањето на честичките сè додека водата не испари, односно додека материјалот не се исуши. Заради тоа е неопходно постојано навлажнување на материјалот кое се врши со системи за навлажнување.

6.2.3.1.1. Прскање со чиста вода

Постојат голем број на различни системи за распрскување со вода, странични или мобилни, со различен степен на дисперзија на водените капки, со мануелна, полуавтоматска или целосно автоматска контрола (најновите системи имаат вградени PLC контролори и нивната работа во целост е контролирана компјутерски). Секако дека поедноставните системи се поевтини, но односот цена - перформанси кај современото дизајнираните системи се значително подобри, заради подобро искористување на водата, поефикасната контрола и манипулација на системот.



Слика 6.10. Систем за распрскување на вода со микрораспрскавачи

Figure 6.10. Water spreading system by microspreader

Најновите технолошки решенија вклучуваат примена на посебно дизајнирани системи за микронизација на водените капки. Овие системи овозможуваат максимално искористување на водата и поефикасна супресија (оборување) на веќе суспендираната прашина од активните депонии и работни активни површини.

Во последните неколку години доста применувани се т.н. топови за растерување на магла, кои овозможуваат покривање и контрола на прашината на големи отворени површини, со исфрлање на млаз од многу ситни дисперзирани водени капки (на ниво на магла) до далечина од 250m. Топовите можат да бидат инсталирани на мобилни платформи и да бидат контролирани со PLC контролори, со што нивната ефикасност и флексибилност доведува до

максимум. Со посебна опрема овие топови можат да работаат и на ниски температури.

Сепак, покрај теоретската едноставна примена на топовите, ефикасноста на навлажнување во реални услови зависи од голем број на фактори, како што се:

- својствата и карактеристиките на материјалот кој се третира,
- карактеристиките на водата со која се третира, како и
- условите на нивната примена.



Слика 6.11. Топови за водена магла

Figure 6.11. Water fog cannons

Контролата на овие фактори, посебно за услови во рудничките депонии, многу често е невозможна или економски неоправдана.

Како прво, општо познат е фактот дека некои материјали воопшто не се квасат со вода, што директно влијае на ефикасноста на навлажнување. Некои од материјалите се хидрофобни, но значајно влијание на склоноста на материјалот кон навлажнување имаат условите за нивна генеза, како и времето на експозиција на материјалот на атмосферските влијанија.

Заради тоа, навлажнувањето со чиста вода не е секогаш доволно ефикасно па мора да се користи многу голема количина на вода.

Кај овие материјали, во зависност од климатските услови, водата многу брзо испарува, што условува многу честа репликација т.е. повторно распрскување.

Втор ограничувачки фактор е подложноста на водата кон смрзнување, што ја отежнува нивната примена при ниски температури. Така, работата на системот за распрскување вода во суво и ладно време, што вообичаено е проследено со изразени интензивни ветрови, практично е невозможна.

Одржувањето на овие системи особено во зимски услови е многу тешко и за тоа е потребна дополнителна опрема, како и постапки за отпрашување на системот, што ја усложнува нивната работа и ги зголемува трошоците.

Со инсталирање на опрема за греење на цевките овие проблеми можат да се надминат, но тоа значително ги зголемува капиталните и оперативните трошоци и ја доведува во прашање економската работа на овие системи.

Во контекст на негативните страни на овие системи, секако дека мора да се споменат проблемите и потешкотиите кои произлегуваат од комплексноста на големите системи за распрскување на вода. Неопходноста од постојана расположливост на системите, особено во летниот период, го наметнува проблемот за обезбедување на доволни количини на квалитетна техничка вода. Потребата од редовно одржување во многу тешки услови може исто така да ја намали ефикасноста и економичноста, особено што нивното одржување често се занемарува од страна на надлежните служби.

Сепак овие системи, пред сè заради достапноста и вообичаеното мали инвестициони трошоци, многупати се чест избор на решавање на проблемот со прашината на депониите. Овие системи, иако се широко распространети, во досегашната работа покажаа многу варијабилни перформанси, повеќе со просечни и лоши резултати отколку со успешна и ефикасна работа.

6.2.3.1.2. Додавање на хемиски адитиви во водата за прскање

За да се подобрат ограничените навлажнувачки способности на водата и да се овозможи навлажнувањето на инаку хидрофобните материјали, неопходно е да се намали површинскиот напон на техничката вода, кој во просек се движи околу 0.0739 (N/m). Тоа се постигнува со додавање на специјални површински активни супстанции кои го намалуваат површинскиот напон на водата за 20 и повеќе пати, со што значително се подобруваат навлажнувачките способности на водата и се овозможува намалување и на хидрофобните материјали. Генерално овие супстанции позитивно влијаат и на процесите на површинско и капиларно навлажнување.

Широката палета на комерцијално расположливи *хемиски адитиви*, специјално формулирани за оваа намена овозможуваат нивна економична

употреба, значително зголемувајќи ја ефикасноста на овие технологии, како и можностите за нивна широка примена.

Од многубројните постоечки адитиви за стабилизација на почви се и:

- поликриламид,
- полибутодиен,
- поливинил ацетат.

Поликриламидите ја намалуваат ерозијата, но не ги лепат честичките на нив, па затоа не се добри за косини и не се биоразградливи.

Полибутадините се ретко употребливи за контрола на ерозијата, нивните елементи се користат во производи за бојадисување и не се биоразградливи и за нив се потребни разредавачи за да бидат течни.

Поради високите цени и потребата на многу бројна работна рака, скапите механички методи за нивна примена овие адитиви се малку применувани во споредба со поливинил ацетатот кој е идеален за стабилизирање на почви и тоа и за рамни површини и за косини. Од финансиски аспект се поевтини и за нивна примена е потребна помалку бројна работна рака.

Мешавината направена врз база на *поливинил ацетот* е биоразградлив, течен стабилизатор на почви кој се користи за заштита на почвите и растенијата од воздушната и водената ерозија. Моментално се применува за контрола на прашината од ваков вид на ерозија во САД и пошироко во светот.

Дисперзијата на поливинил ацетатот формира тридимензионална мембранска структура којашто ги задржува почвата и растенијата на своето место, а сепак водата и кислородот можат да пенетрираат (навлегуваат) низ мембранската структура. Оваа мешавина се аплицира со опрема за водено распрскување или друга поконвенционална опрема со што рачните работи се сведуваат на минимум. Идеална е за стабилизација на почви и растенија поради неговите одлични еколошки карактеристики и се користи главно во осетливи области. Тој е биоразградлив, не е фито отровен и тестирањата покажуваат дека со неговата примена се намалува потребата од вода за растенијата во сушни временски услови. Тој нуди долгорочно решение и е економски исплатлив за сите видови на проекти за обнова на вегетацијата.

Суровините кои што се користат во оваа метода се користат и во козметичката и во прехранбената индустрија, што кажува на фактот дека не се отровни и целосно се еколошки прифатливи. Во подолг временски период се целосно биоразградливи, што значи нема никакви последици на еко системот. Направен е и тестиран во најсовремени лаборатории и е многу често применет во пракса ширум светот, со што е докажана и неговата комерцијална примена. Многу често е применет во Германија и во други европски држави, на Средниот Исток, Северна Африка и во Азија.

Поливинил ацетатот во суштина е „течна кора“ којашто ја зацврстува површината на почвата, преку својата тридимензионална мрежна структура на горните 1-2cm на почвата којашто резултира со големи бенифиции и позитивни ефекти. Го фиксира семенскиот материјал за почвата и овозможува 'ртење на растението. Дождот и кислородот слободно поминуваат низ кората и ја задржува водата подолго, со што растенијата се заштитени од сушење. По долги тестирања се докажани следниве приоритети:

- Побрзо 'ртење на растенијата за 2-5 дена и 20% поголема стапка на зафаќање на растенијата;
- Поголем степен на покривање на површините;
- До 40% намалување на потребата од вода;
- Намалување на губитоците на почви при силни дождови;
- При воздушна ерозија за штита на губитоците на седимент.

Од испитувањата направени во **Индустрискиот институт во Тексас** успешно се докажани сите карактеристики на оваа метода и резултатите се категоризирани во Класа1 од класите на адитиви. Во ова испитување густината на вегетацијата беше зголемена за 24% во споредба со нетретираните површини од глина, а 67% е зголемена на песокливи површини.

Во **Франција**, во зависност од типот на почвата, докажано е дека со дозирање од 10g/m^2 за глина и 45g/m^2 за песок, растенијата стануваат отпорни на ветар до 140km/h .

Во обидите во **Кентаки, САД**, е докажано дека содржината на влага во земјата е зголемена за 10%, воедно и заштедата на вода е 30%.

Исто така, со примена на оваа технологија и во **Алжир** е докажана 30% - тната заштеда на вода на третираните во однос на нетретираните површини. Покрај ова, докажано е и дека 2-5 дена порано се јавило никнувањето на

посадените растенија. Стапката на никнење со тоа е зголемена за 20%. Овие предности се утврдени по шест неделни третирања, што во суштина го опфаќа целиот вегетациски период, а потоа е применет во повеќе проекти за вегетација со што е докажана економската ефикасност и оправданост.

Поливинил ацетатот во контролирани услови е тестиран на **Универзитетот во Guelph**, за никнување на разни видови на семиња. Третираните пескливи почви со поголема количина на ситни камчиња успешно се покажаа како површина со добра вегетација и притоа одржувани се со многу мала работна рака за одржување. Во 3-4 испитувани видови на семе е утврдено дури до 50% забрзување на никнувањето на третираните површини.

Разни лабораториски испитувања на поливинил ацетатот се вршени во Германија во Институтот за развој на земјоделието на **Универзитетот во Бон**.

Пропустливост на вода (cm/sec*10 ⁻³) Water Permeability (cm/sec*10 ⁻³)		
Длабочина (cm) Depth (cm)	Нетретирано Untreated Control	Третирано (10 g/m ²) Threated (10 g/m ²)
2-6	0.6	2.5
20-24	1.5	3.2

Пропустливост на вода (cm/sec*10 ⁻³) Water Permeability (cm/sec*10 ⁻³)		
Длабочина (cm) Depth (cm)	Нетретирано Untreated Control	Третирано (10 g/m ²) Threated (10 g/m ²)
2-6	3.8	7.1
-24	7.2	14.9
Стабилноста на почвата (mL/10min) Stability of Soil Aggregates (mL/10min)		
Длабочина (cm) Depth (cm)	Нетретирано Untreated Control	Третирано (10 g/m ²) Threated (10 g/m ²)
0-2	315	339
2-6	184	203

Инфилтрација / дренање (L voda/m ²) Infiltration / Drainage (L voda/m ²)			
Месец Month	Нетретирано Untreated Control	Третирано (10 g/m ²) Threated (10 g/m ²)	Третирано (25g/m ²) Threated (25 g/m ²)
Мај May	1.2	0.9	1.9
Август August	0.3	1.6	1.8

Од овие резултати јасно се гледаат придобивките на третирањето.

Исто така, направени се тестирања со различна влажност со различни густини на степенот на растворот и резултатите од тие тестирања се дадени во следнава табела:

Влага на почвата Soil Moisture	Количина на аплицирање (g/m ²) Application Rate (g/m ²)	Редукција на вода Water demand reduktion
Сув (20%) Dry (20%)	25	30%
	50	50%
Среден (40%) Medium (40%)	25	10%
	50	10%
Оптимален (60%) Optimal (60%)	25	5%
	50	10%

Направени се индустриски проби за ретензија на влагата во почвата во **Алжир** за да се дефинира заштедата на вода. На песоклива почва посадена со трева и со температура од 35 до 40⁰С, добиени се следниве резултати за заситеност на почвите.

Длабочина Depth (cm)	Нетретирано Unthreated	Третирано со terra-control Threated with terra-control
25	60%	100%
35	70%	100%

За стабилизација на почвата со поливинил ацетат спроведени се индустриски проби во **Викторија - Австралија**, по должината на еден автопат каде што стрмните косини се под агол од 60%, почвата е лесна глина, температура од 18 до 25⁰С и приближни врнежи 10-15mm дожд.

Два сегмента беа третираны со поливинил ацетат, со употреба на рачен топ за распрскување, а додека третиот не е третиран. По две недели се забележани видни разлики меѓу третираните и нетретираните површини прикажани на следниве слики (нетретираниот простор е на лева страна):



Слика 6.12. Моментално по спроведена апликација во Викторија, Австралија
Figure 6.12. Immediately following application in Victoria, Australia



Слика 6.13. Две недели по апликација во Викторија, Австралија
Figure 6.13. Two weeks following application in Victoria, Australia



Слика 6.14. Пет недели по аплицирањето во Викторија, Австралија
Figure 6.14. Five weeks after application in Victoria, Australia

По пет недели видливо е растењето на тревата на третираните површини што е прикажано на следнава слика (нетретираниот простор е на лева страна):



Слика 6.15. По пет недели од аплицирањето во Викторија, Австралија
Figure 6.15. Five weeks following application in Victoria, Australia

Во **Малезија**, исто така, е извршено тестирање на примена на поливинил ацетат на косини по должина на автопат, со цел да се демонстрира стабилизацијата на теренот и никнувањето на површина од 2.500m^2 , со опрема за прскање со стандардна конфигурација.

Една зона е поделена на три дела со три различни дисперзии на вода (слика 6.16.).



Слика 6.16. Аплицирање на средства базирани на поливинил во Малезија
Figure 6.16. Application of polyvinylacetate-based formulation in Malaysia

Втората зона е користена за да се докаже, да се демонстрира способноста на поливинил ацетатот за никнување на семињата на каменита тврда почва (слика 6.17.).



Слика 6.17. Аплицирање на производот на каскадни возвишенија направени од каменита и песоклива почва

Figure 6.17. Product application in Malaysia on steep slope comprised of rock and sandy soil

По две недели на каменитата почва е порасната трева во првата зона (слика 6.18. и слика 6.19.).



Слика 6.18. Една недела по аплицирањето
Figure 6.18. One week following application



Слика 6.19. Две недели по аплицирањето
Figure 6.19. Two weeks following application



Слика 6.20. Каменит брег по 54 дена од аплицирањето
Figure 6.20. Rocky slope 54 days following product application

По помалку од два месеца од аплицирањето каменитата почва почна да вегетира (слика 6.20.).

Со ова се докажа дека поливенил ацетатот може да се користи и како консолидатор на почвата, освен како биндер во процесот на прскање.

Во **Бугарија** се направени две студии за примена на поливинил ацетатот. Едната студија во Марица Исток-2 и другата во Кремикович СХ. Студиите се спроведени од Геолошкиот институт на Универзитетот за рударство и геологија во Бугарија. Двете студии ги покажаа сподобностите на поливинил ацетатот и при висока воздушна ерозија. Во Кремикович е користен поливинил ацетат како стабилизатор, а во Марица Исток-2 за соборување на прашината користен е само полимер.

Од досегашните испитувања може да се заклучи дека поливинил ацетатот полака се биоразградува во период од 12 до 18 месеци, а стапката на разградување се забрзува при повлажни услови на почвата и со примена на високооргански соединенија. Тој е течен производ кој што може да се користи заедно со семето, водата и други соединенија во еден резервоар. Потребен е минимален број на работници и може да се прска и со наједноставна постоечка опрема која по употребата може да се исчисти со обична вода.

Растворите базирани на поливинил ацетат овозможуваат погодно решение за контрола на воздушната и водената ерозија, најдобри се и за животната средина и придонесуваат кон заштедата на вода, а истовремено забрзување на вегетацијата што ги прави широко применливи низ целиот свет.

6.2.3.2. Употреба на биндери како едно од решенијата за заштита од ерозија на депонии

Биндерите за почви се материјали што се аплицираат на површината на почвите за времено да се спречи водената ерозија на експонираните почви на разни теренски насипи, а исто така спречуваат и воздушна ерозија.

Биндерите секако дека имаат и свои ограничувања во примената меѓу и кои:

- Аплицирањето е од временски карактер и потребно е обновување;
- Времето на потполно оформување на биндерите е подолго од 24 часа и мора да се аплицира повторно во случај на појава на невреме;
- При големи врнежи од дожд ефектот на биндерите исчезнува и целиот материјал се пренесува на долните краеве од косините;

- Биндерите за почви не поднесуваат движење на луѓе и механизација преку третираните површини;
- Не навлегуваат низ глинени површини;
- Некои биндери не се погодни при ниска релативна влажност, а при силни дождови се лизгаат надолу по површините;
- Не реагираат ако во текот на 24 часа по третирањето се појават ниски температури;
- Што се однесува на квалитетот на користената вода не се направени доволни испитувања, но можни се хемиски реакции кои спротивно би делувале на почвата;
- Анализите треба да се направат во согласност со важечката законска регулатива за загадувачки супстанции.

Главни услови за примена на биндерите се следниве:

- Типот на почвата;
- Биндерот треба да е биде еколошки чист, да не ја загадува животната средина, животот на растенијата и животните, лесно да се аплицира, лесно да се одржува, еколошки да биде исплатливо и да не ја загрозува атмосферската вода;
- Нивната примена зависи од температурата, влажноста и сообраќајот преку третираните површини;
- Особено треба да се внимава од нивно предозирање, на постоечката вегетација, дренажните канали, пешачките патеки и др.

Карактеристиките на биндерите за почви дадени се во следнава табела:

Табела 6.1. Однос на аплицирање за стабилизаторот на почва

Table 6.1. Application Rates for Guar Soil Stabilizer

Косина Slope (H:V)	Рамен терен Equal ground	4:1	3:1	2:1	1:1
kg/hectar	45	50	56	67	78

При изборот треба особено да се внимава на следниве фактори:

- Можност за растворање, каде да се аплицира, дали е потребна висока заштита од течење или абразија и дали треба да биде компактибилен со одредена вегетација. Треба да се дефинира времето потребно за стабилизација на почвата и дали биндерот соодветната почва ќе ја деградира брзо или бавно.
- Особено треба да се внимава на способноста на биндерот да пенетрира во почвата и способноста да формира површинска кора над третираната почва.
- Исто така од голема важност е и потребата од тоа колку често треба да се повторува третирањето, начинот на нивното одржување, локалните услови и типот на површинските материјали

Постојат два вида на биндери: со краток и со долг век на трајност.

Биндери со *краток век* на траење се следниве:

- Guar - кој не е токсичен, е биоразградлив и лесно се меша со вода во однос 2,8 до 3,8 метри на 3.790 литри.
- Psyllium: направен е од фини гранулати на семе и се аплицира како сув прав или како влажна каша врз почвата. Со текот на сушењето се формира мембрана која што ги стега честичките на почвата, но сепак дозволува никнување на семињата. Потребното време на сушење е 12 до 18 часа. Односите за аплицирање треба да бидат 90-224kg/hectar.
- Starch: растворлив во ладна вода и се аплицира во количина од 168kg/hectar, а времето на сушење е околу 9-12 часа.

Биндери со *долг век* на трајност се:

- Раствор на перпентин и дрвена смола кој претставува нејонизирана емулзија и има минимална содржина на цврсти честички од 48%. Дрвената смола треба да биде 26% од вкупната содржина на цврсти честички. Стабилизаторот на почва треба да биде не корозивен, емулзијата растворлива во вода така што по растворувањето да ја задржи особината на средството за зацврстување. При аплицирање за контрола на ерозија на почва емулзијата се раствора спрема следниве односи:
- за глинен почва - 5 делови вода на 1 дел емулзија,
- за песоклива почва - 10 делови вода на 1 дел емулзија.

Аплицирањето може да се врши со цистерна за вода.

- Биндери од полимерни емулзии (акрилни кополимери и полимери): Полимерните стабилизатори на почви треба да содржат течни и цврсти полимери со акрилна база и минимум 55% цврсти честички. Полимерските соединенија треба да се подготват така нема да се направи пена при мешањето или да се додаде соодветно средство против формирање на пена. Треба да се растворливи во вода, да не прават оштетување на семето или животинскиот свет, да не запалливи, да овозможуваат стабилизација на површината за различни типови на почви без целосна филтрација на почвата. Течните кополимери треба да се раствораат во однос од 10 делови вода со 1 дел полимер и количински е потребен однос од 11 литри/хектар.
- Течни полимери од метакристали и акрилати.

Овој материјал се состои од „такифер“ којшто е течен полимер од метакристали и акрилати. При аплицирање за стабилизација на почви, се раствора во вода спрема дадените инструкции од нарачателот и се аплицира со хидрораспрскувачи во однос од 187 литри/хектар, при што времето на сушење име 12-18 часа по аплицирањето.

- Кополимери и содиум акрилати и акриламиди.

Овие материјали се нетоксични суви прашоци кои се мешаат со вода и се аплицираат на површината на почвата заради контрола на ерозијата во следниов однос.

Табела 6.2. Однос на аплицирање за стабилизаторот на почва

Table 6.2. Application Rates for Guar Soil Stabilizer

Косина Slope (H:V)	до 5 :1	5:1 до 3:1	2:2 до 1:1
kg/hectar	3,35 - 5,6	5,6 - 11,2	11,2 - 22,4

Кога се употребува само како стабилизатор се растворува во однос 5kg на 3.790литри вода, а количински треба 5,6kg/hectar.

- Хидроколаидни полимери се соединенија кои се мешаат со вода и се аплицираат на површината од почвата во однос 62-67 kg/hectar, при што нивното време на сушење е многу брзо од 0 до 4 часа.

- Цементни биндери: на кои основата им е висококвалитетен сомелен гипс со максимална чистина од 86%, кој може да се меша со вода во однос 4.480 до 1.3440kg/hectar и при неговото аплицирање со помош на хидромешач овозможува формирање на заштитна кора на површината на почвата. Времето на сушење му е од 4 до 8 часа.

Цената на чинење на биндерите варира во зависност од изборот на стабилизаторот на почвата и ориентациони цени се дадени во следнава табела.

Табела 6.3. Ориентациони цени на чинење на биндер

Table 6.3. Aproximate cost of binder

Биндер за почва Soil binder	Цена по хектар Cost per hectar
Биндер со краток век Plant-Material Based (Short Lived) Binders	\$1000
Биндер со долг век Plant-Material Based (Long Lived) Binders	\$3000
Полимерски биндери Polimeric Emulsion Blend Binders	\$1000
Цементни биндери Cementitious-Based Binders	\$2000

Изборот на соодветниот биндер може да се изврши со помош на податоци средени во следнава табела:

Табела 6.4. Карактеристики на биндери за почви за контрола на ерозијата

Table 6. 4. Characteristic for binders for erosion control of soil

Карактеристики на биндери за почви за контрола на ерозијата Properties of soil Binders for erosion control				
Изборни карактеристики Evaluation Criteria	Видови на биндери Binder type			
	Биндер со краток век Plant-Material Based (Short Lived) Binders	Биндер со долг век Plant-Material Based (Long Lived) Binders	Полимерски биндери Polimeric Emulsion Blend Binders	Цементни биндери Cementitious-Based Binders
Релативна цена Relative cost	Ниска Low	Ниска Low	Ниска Low	Ниска Low
Отпорност на Resistance to Leaching	Висока Hight	Висока Hight	Ниска до средна Low to Moderate	Средна Moderate
Отпорност на ерозија Resistance to Abrasion	Средна Moderate	Ниска Low	Средна до висока Moderate to Hight	Средна до висока Moderate to Hight
Век на траење Longevity	Краток до среден Short to Medim	Среден Medium	Среден до долг Medium to Long	Среден Medium
Минимално време на формирање пред дожд Min Curing time before Rain	9 - 18 часа 9 - 18 hours	19 - 24 часа 19 -24 hours	0-24 часа 0-24 hours	4 - 8 часа 4 - 8 hours
Компатибилност со постоечка вегетација Compatibility with Existing Vegetation	Добра Good	Лоша Poor	Лоша Poor	Лоша Poor
Степен на деградација Mode of degradation	Биоразградлив Biodegradable	Биоразградлив Biodegradable	Фоторазградлив/ Хемиски разградлив Photodegradable / Chemically Degradable	Фоторазградлив/ Хемиски разградлив Photodegradable / Chemically Degradable
Потребна работна рака Labor Intensive				
Опрема за аплицирање Specialized Application Equipment	Цистерна за вода или хидромешач Water Truck or Hydraulic Mulcher	Цистерна за вода или хидромешач Water Truck or Hydraulic Mulcher	Цистерна за вода или хидромешач Water Truck or Hydraulic Mulcher	Цистерна за вода или хидромешач Water Truck or Hydraulic Mulcher

Течност/прав Liquid / Powder	Прав Powder	Течност Liquid	Течност / Прав Liquid / Powder	Прав Powder
Површинска кора Surface Crusting	Да, но се раствора при повторно влажнење Yes, but dissolves on rewetting	Да Yes	Да, но се раствора при повторно влажнење Yes, but dissolves on rewetting	Да Yes
Чистење Clean Up	Вода Water	Вода Water	Вода Water	Вода Water
Степен на контрола на ерозијата Erosion Control Application Rate	Варијабилен Varies	Варијабилен Varies	Варијабилен Varies	4,000до12,000lbs/acre

6.2.4. Водено одлагање на ситно дисперните материјали (пепелта)

Посебна група на мерки за контрола на фугивнта прашина од површински извори претставуваат т.н. технологии за водено одлагање на ситно дисперизраните материјали. Таков е случајот со флотациските јаловини или пепелта кај термоцентралите на јаглен.

Од аспект на заштита на животната средина посебно интересни се депониите на пепел во вид на густа паста. Таков пример во нашето опкружување е проектираната и изградена депонија за водено одлагање на пепелта „Среднокостолачко острово“, која се наоѓа на истоимената локација покрај р.Дунав, на потегот помеѓу влезот на каналот за топла вода од ТЕКО-А и влезот на Млава во Дунав.

Депонијата има вкупна површина од 250 ha и е поделена на три касети:

- Касета-А со површина од сса 100ha, со изграден ободен насип на кота 79,00mNm, моментално наполнета до кота 76,50mNm, со статус на работна касета.
- Касета-В со површина од сса 60 ha, со изграден ободен насип на кота 85,00mNm, наполнета до кота 84,00mNm, со статус на затревена.
- Касета-С со површина од сса 60 ha, со изграден ободен насип на кота 85,00mNm, наполнета до кота 80,50mNm, во тек на изработка на насип на кота 84,00mNm со статус на резервна.

Односот помеѓу касетите: работна - резервна - затревена, всушност, е и проектен режим на експлоатација на депонијата.

Депонијата служи за одлагање на пепел и шљака од двете костолачки електрани:

- ТЕКО А, која има два блока со инсталирана снага од 100+210, вкупно 310MW и
- ТЕКО В, која има два блока со инсталирана снага од 345+345, вкупно 690MW.

Потребата за изградба на новиот систем за одлагање на пепел се покажа повеќе од потребна земајќи го фактот дека вложувањето на средства за купување на семиња, ѓубрива, садење на трева и растенија, нивно наводнување и одржување, работната рака за изведување на сите тие активности и ред други зафати би пропаднеле во текот на само еден ветровит ден кога би дошло до развејување на фугитивната прашина. Ефектот од новиот систем на одлагање е трајно спречување на развејувањето на прашината од депонијата што претставува една од најсовремените технологии за одлагање во светот. За изведување на старата технологија на одлагање требаа големи количини на вода за транспорт на пепелта до депонијата, што пак придонесуваше до испарување на оние елементи кои овозможуваат стврдување и создавање на цврста кора на површината на одлагалиштето. За новата технологија на одлагање со цевен воден систем односот на вода пепел е 1:1 наспроти досегашните 1:15(20) што секако дека овозможува формирање на тврд слој отпорен на ударите од ветрот т.е. развејување.

Со воведувањето на нови технологии за одлагање на пепел и шљака во вид на густа хидросмеса од ТЕ „Костолац-В“ во просторот на копот „Чириковац“ со помош на систем од цевководи со должина од 6km, не само што е спречена фугитивната емисија од пепелта, туку и отпадните води се враќаат назад во термоелектраната за понатамошна преработка. За ваквиот начин на одлагање е потребен далеку помал простор од претходно постоечкиот. Одлагањето е со по два цевководи за пепел и шљака и еден за повратна вода што претставува систем на цевки со вкупна должина од околу 30km на цевки.

Изградени се и два силоси за пепел со капацитет од 3.000m³ и два силоси од по 500 m³ за шљака кои ќе служат за утовар на пепел во камиони за потребите на градежната индустрија.

Горниот слој од новоодложената пепел на депонијата која доаѓа во однос 1:1 се формира како цврста и стабилна подлога по која слободно може да се движи и од која нема понатамошно разнесување при појава на ветер.



Слика 6.21. Цевководи за пепел и шљака во ТЕ „Костолац-Б“
Figure 6.21. Pipelines for ash and slag transport in TE “Kostolac-B”

Од досега наведеното може да се заклучи дека веќе постоечкиот начин на формирање и експлоатација на депонијата бара големи вложувања и мерки за заштита од влијанија врз животната средина и досега не се покажале ефикасни земајќи ги предвид огромните штети кои настанаа со двете хаварии од излевање на мешавината на пепел и вода од браната, со што се нанесени огромни штети на околината и животот на луѓето кои живеат во околината непосредно околу депонијата.

Во термоелектрани коишто се лоцирани во близина на големи водотеци (реки) каде што нема проблеми со недостаток на вода се користи воден транспорт и транспорт со густа пулпа што подразбира мешање на пепелта со вода во однос 1:10 до 1:20 пепел-вода и со пумпи се транспортира до одлагалиште за пепел.

Недостатоците на овој вид на транспорт се следниве: има појава на големо наталожување на материјал на цевките т.н. инкристирација што во голема мерка го отежнува транспортот и го комплицира одржувањето. Понекогаш дури е невозможно да се извади наталожениот материјал и потребно е поставување на нови цевководи.



Слика 6.22. Водено одлагање на пепел

Figure 6.22. Hydro transport of ash

Друг недостаток е зафатеноста на големи површини на одлагалиштето и загадување на подземните води. При формирање на густа пулпа (со помал однос на пепел-вода) можно е самоизработување на брани и дренажни системи за рецикулација на отпадните води, со што се намалува просторот за одлагање.

На депонијата се преземени многубројни мерки за заштита, како:

- биолошка рекултивација со трева и садење на дрва;
- систем од пумпи и прскачи за прскање и полевање на засадените култури;
- систем од топови за квасење на сувите површини во внатрешниот рамен дел од депонијата;
- максимално одржување на воденото огледало на површината на депонијата;
- дренажни бунари по целиот обем на депонијата;
- дренажни канали околу депонијата.



Слика 6.23. Систем од пумпи и прскачи за прскање и полевање на засадените култури

Figure 6.23. System of pomesand noozels for spreading and watering of the planted cultures

7. ОПИС НА ПРИФАТЛИВИТЕ РЕШЕНИЈА ЗА КОНТРОЛА НА ПРАШИНА ОД ПОВРШИНСКИ ИЗВОРИ НА ПРАШИНА ВО РЕК БИТОЛА

7.1.Предлог-решенија за контрола на прашина од пристапни патишта во РЕК Битола

Камионскиот транспорт претставува примарна алтернатива на транспортирање на ископот за сите површински копови. Главна причина за негова примена е низата на предности во однос на останатите начини на транспорт, како и примена на сериски произведени специјални конструкции на камиони. Нивното користење предизвикува огромно создавање на прашина на транспортните патишта, што е сериозен проблем во рудничките површински рудници. Прашината може да предизвика здравствени проблеми на работниците, оштетување на опремата и механизацијата, да ја намали видливоста и да ја отежни работата.

За изведување на многубројните рударските операции потребни се голем број на возила за превоз на откопаниот материјал, јаглен или жаловина и секако патишта од локацијата на ископ до проектираните дестинации за депонирање. Возилата мораат да бидат наменски оперативни така што операциите кои ги извршуваат би биле профитабилни и економски оправдани. Ефикасноста и степенот на употребливост на возилата зависи од патиштата по кои циркулираат, како на пример нагибот и карактерот на патот во комбинација со носивоста на возилата имаат директен ефект на времето на циклусот, зачувувањето на возилата, потрошувачката на гориво кои пак индиректно влијаат на продуктивноста и профитабилноста на рудничките активности.

Камионскиот транспорт е најприменуван начин на транспорт во површинските копови, благодарение на низата предности во однос на останатите начини на транспорт, како нивната носивост од 350 до 500t, превоз на сите видови на материјали и товари и сл.

Работната средина на површинските копови заради природата, обемот и специфичноста на работата, редовно е изложена на запрашеност со задушливи и отровни гасови, ниски и високи температури, бучава и други штетни влијанија. Примената на високо капацитетни машини во површинската експлоатација го зголемува производството, но и штетните влијанија врз работната и животната средина и ризикот од повреди и заболувања на

рударите. Последиците од тоа се поврзани со продуктивноста на работата, економичноста и рентабилноста на работењето, значајни нарушувања во водењето на технолошкиот процес, предвременно уништување на опремата и честите застои во работата.

Големото и постојано создавање на прашина на рудничките транспортни патишта е вообичаен проблем за поголем број на површински рудници, па затоа за сите оператори во рудниците пожелни се патишта без прашина на кои ќе се вршат секојдневните руднички активности со поволни трошоци и бенефити.

При транспортот на руда и јаловина со камиони на течно гориво се создава прашина која од работната средина, по пат на природна шема на проветрување, достигнува и до животната средина. На истиот пат и при иста брзина и правец на ветер и ист тип на камиони, емисијата, односно интензитетот на создавање на прашина е различен во зависност од брзината на движење на камионите W_k влажноста на патот ϕ .

Брзината на движење на камионот е различна на различни делници од патот и се движи од 0 до 10 m/sec (0-36 km/h).

Камионскиот транспорт спаѓа во линиски загадувачи, а мерните точки се распоредуваат и од двете страни на патот.

Содржината на лебдечката прашина во воздухот на површинскиот коп достигнува 5-10 пати над дозволените граници (2mg/m), што има значајни последици врз:

- намалувањето на видливоста на патот и штетното влијание врз здравјето на работниците;
- отежнувањето на нормалното одвивање на транспортот и смалување на неговиот ефект и учинок;
- скратување на работниот век на моторите и другите делови осетливи на прашина;
- создавање на лизгав слој помеѓу подлогата и тркалата при одреден степен на влажност, а при голема количина на прашина може да дојде и до прекин на сообраќајот на патиштата без коловозна конструкција.

Намалувањето на запрашеноста во рудниците се постигнува со:

- превентивни интервенции;
- прскање (оросување);
- проветрување;
- всисување на местото на утовар при нејзино големо создавање.

За контрола на прашината на рудничките патишта најчесто се применуваат системи кои се базираат на принципот на соборување на прашината со вода и тоа:

- прскање на патиштата со вода со цистерни;
- прскање на патиштата од стационарни хидросистеми со систем на прскалки, приклучен на системот за одводнување на рудникот;
- аплицирање на адитиви;
- употреба на органски сврзни средства или обработка на површината на патиштата, ако на подготвен слој од 15cm се нанесе слој од асфалт (15cm + 15cm = 30cm).

7.1.1. Прскање на патиштата со цистерни

Прашината на патиштата во површинските копови најчесто се соборува со прскање со вода од цистерни, слика 7.11.



Слика 7.1. Автоцистерна
Figure 7.1. Mobile watertank

Систематското прскање на патиштата со вода ја смалува количината на прашина во воздухот 6-7 пати.

Главен недостаток на овој начин е брзата евапорација на водата, при високи температури од 30 до 40 °C, која трае околу 15-20 минути, а тоа е времето на прскање со вода од цистерна.

Ова прскање на патиштата со чиста вода го спречува подигнувањето на прашината, но поради брзото испарување на водата (зависно од условите, водата може да испари и за помалку од еден час), неопходно е постојано повторување на оваа операција како би се задржала оптималната влажност на патот.

Големата количина на вода и фреквентното повторување на навлажнувањето е еден од основните фактори кои придонесуваат за оштетувањето на патиштата и намалување на компактибилноста на подлогата. Големи парчиња од материјалот во ослабената подлога полесно се дробат од притисокот на тешките товарни возила, со што се иницира процес на уништување на површинскиот дел на патот, односно формирање на канали и дупки.

Користењето на големи камиони и зачестеното повторување на прскањето и надворешните влијанија (атмосферски падавини) уште повеќе го забрзуваат тој процес, така што честите поправки на патиштата се неопходни што иницира дополнителни средства во буџетот на планираните транспортни операции.

Прашината лесно продира во деловите на машините и значајно го намалува нивниот работен век, така што статистичките анализи направени во САД покажуваат дека добро разработена програма за контрола на фугитивната прашина од транспортните патишта може да донеси заштеда повеќе од 10% на трошоците на регуларното одржување на транспортните средства.

Од друга страна, акумулирањето на вода од прекумерната употреба на вода ја зголемуваат корозијата на машинските делови, со што уште повеќе се скратува нивниот работен век на експлоатација. Покрај тоа, водата во комбинација со острите површини на парчињата во подлогата на патот ја зголемува можноста од кинење на гумите и нивна предвремена замена, што претставува дополнителен трошок за одржување.

Од досегашната анализа можат да се дефинираат ориентациони цени за потребните трошоци за ваквиот тип на намалување на фугитивната прашина од рудничките пристапни патишта кои би изнесувале околу 200.000,00€, а 100.000,00€ би се одвоиле за оперативни трошоци кои го вклучуваат ангажирањето на цистерните, работните саати на оперативниот работник и горивото потребно за цистерната.

Движењето на камионите по влажни и лизгави површини на патот го зголемуваат оптоварувањето на моторот, ја намалуваат брзината на движење и безбедноста на извршување на транспортните операции, па поради тоа ефикасноста на ваквата контрола на прашина би имала 20% вредност.

Овие констатации наведуваат на фактот на неопходност на примена на современи методи за контрола на прашина кај рудничките патишта, кои ако правилно се применат освен што ќе ја редуцираат прашината можат и да ја зголемат продуктивноста на транспортните операции и со тоа да се заштедат значајни средства.

7.1.2. Прскање на патиштата од стационарен хидросистем со систем на прскалки

Користењето на вакви системи е можно на сите површински рудници. Овие системи се состојат од цевоводи приклучени на системот за одводнување на рудникот на кои редно се врзани прскалките. Одржувањето на притисокот во цевоводот е неопходно како би се овозможила постојана работа на прскалките.

Секоја прскалка, при својата работа создава водена завеса со одредени димензии, во зависност од притисокот, па затоа лесно може да се одредат оптималните места за нивно поставување.

Целиот систем се состои од одреден број на прскалки кои се поставени на бочната страна на патот и при одреден агол го оросуваат истиот, при што со помош на посебен механизам се контролира времето на нивната работа.

За максимално искористување на постоечката инфраструктура се користи веќе постоечки систем на цевовод кој е надоврзан на системот од прскалки, при што се користи вода која се испумпува од површинскиот коп што го прави овој начин на контрола на прашината доста ефикасен со околу 50%-тна ефикасност на контрола.



Слика 7.2. Систем на прскалки поставени на руднички патишта

Figure 7.2. System of noozles on access roads

Во текот на својата работа прскалките создаваат т.н. водена завеса која создавањето на прашина го сведува на минимум, при што се води сметка за постоење на оптимална положба на сите прскалки на сите етапи од патот, како би покриле најголем дел од нив.

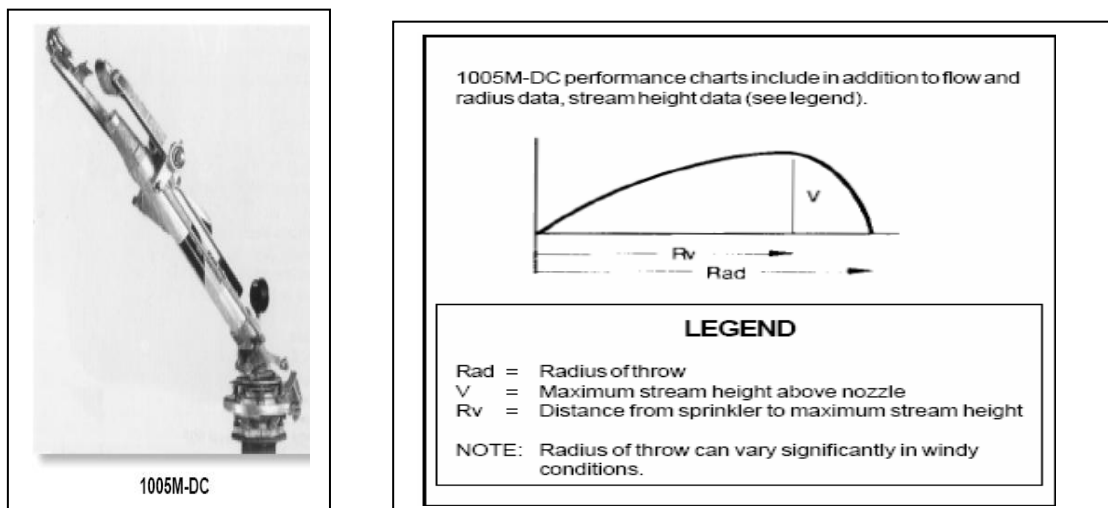
При инсталирање на системот од прскалки, неопходно е да се обезбедат неколку важни предуслови:

- да се обезбеди адекватен цевовод;
- да се пресмета неопходниот притисок во цевководот;
- да се одреди минималното, оптималното растојание помеѓу прскалките, нивниот број и тип;
- да се води сметка за големината на капките;
- дometот кој треба да го достигне прскалката;
- аголот и притисокот на фрлање на млазот.

Според сите овие констатации, капиталните трошоци би изнесувале околу 100.000,00€, во зависност од типот на набавените прскалки и трошоците за цевководот и пумпите кои треба да го задоволот потребниот притисок за ефикасно функционирање на целиот систем, а за инсталирање и понатамошно

одржување и функционирање на целиот систем оперативните трошоци би изнесувале околу 30.000,00€.

Постојат разни типови на прскалки од разни производители, меѓу кои се:



B a r s	Nozzle 20,07 mm 0.790"						Nozzle 22,61 mm 0.890"						Nozzle 25,15 mm 0.990"						Nozzle 27,69 mm 1.090"					
	Rad. M	V M	Rv M	Flow M³/h	Flow L/s		Rad. M	V M	Rv M	Flow M³/h	Flow L/s		Rad. M	V M	Rv M	Flow M³/h	Flow L/s		Rad. M	V M	Rv M	Flow M³/h	Flow L/s	
4,0	38,3	14,7	23,9	32,1	8,92		40,2	15,0	24,3	40,9	11,36		41,9	15,2	25,5	50,8	14,10		43,4	15,5	26,1	61,7	17,14	
5,0	40,4	16,4	26,4	35,9	9,96		42,5	17,0	27,5	45,6	12,67		44,3	17,4	28,1	56,5	15,69		46,1	17,7	29,0	68,6	19,05	
6,0	42,3	17,8	28,4	39,3	10,92		44,4	18,7	29,9	50,0	13,87		46,4	19,2	30,4	61,8	17,17		48,2	19,5	31,5	75,0	20,83	
7,0	44,1	18,9	30,0	42,6	11,82		46,2	19,9	31,7	54,0	15,01		48,2	20,5	32,4	66,9	18,58		50,1	20,8	33,6	81,1	22,54	
8,0	45,8	19,7	31,3	45,6	12,67		47,9	20,8	32,9	58,0	16,10		49,8	21,4	34,3	71,8	19,94		51,7	21,7	35,4	87,1	24,20	

B a r s	Nozzle 30,23 mm 1.190"						Nozzle 32,77 mm 1.290"					
	Rad. M	V M	Rv M	Flow M³/h	Flow L/s		Rad. M	V M	Rv M	Flow M³/h	Flow L/s	
4,0	44,9	15,8	26,8	73,8	20,51		46,2	16,1	27,2	87,1	24,20	
5,0	47,7	18,3	30,3	81,9	22,75		49,4	18,7	30,5	96,5	26,80	
6,0	50,1	20,3	33,0	89,5	24,86		51,9	20,8	33,3	105,4	29,26	
7,0	52,0	21,9	35,0	96,8	26,89		55,4	23,7	37,4	122,5	34,03	
8,0	53,5	23,1	36,3	104,0	28,89		55,4	23,7	37,4	122,5	34,03	

Слика 7.3. Прскалка Rain Bird 1005M-DC со своите карактеристики

Figure 7.3.Noozels Rain Bird 1005M-DC with his caracteristics



PSI	160	200	250
GPH	.75	.85	.95
OZ/M	1.6	1.8	2.00
Steinen Part Numbers			
416 stainless steel	WC400000070		
303 stainless steel	WC400000021		
416 stainless steel	WCH400000070		
303 stainless steel	WCH400000021		

Слика 7.4. Прскалка Steinen Drip-Free Fogging Nozzle Tip WC400 со своите карактеристики

Figure 7.4. Noozels Steinen Drip-Free Fogging Nozzle Tip WC400 with his characteristics



TF Full Cone Flow Rates and Dimensions													
Full Cone, 60° (NN), 90° (FCN or FFCN), 120° (FC or FFC), 150° and 170° Spray Angles, 1/8" to 4" Pipe Sizes, BSI													
Male Pipe Size	Nozzle Number	Available Spray Angles 60° 90° 120° 150° 170°	K Factor	LITERS PER MINUTE @ BAR								High-Pressure Operation nom. for Metal Only	Approx. (mm) Free Orif. Pass Dia.
				0.5 bar	0.7 bar	1 bar	2 bar	3 bar	5 bar	10 bar	20 bar		
1/8	TF6	60° 90° 120° 150° 170°	3.19	2.26	2.67	3.19	4.5	5.5	7.1	10.1	14.3	2.38	2.38
	TF8	60° 90° 120° 150° 170°	5.93	4.19	4.96	5.93	8.4	10.3	13.2	18.7	26.5	3.18	3.18
1/4	TF6	60° 90° 120° 150° 170°	3.19	2.26	2.67	3.19	4.5	5.5	7.1	10.1	14.3	2.38	2.38
	TF8	60° 90° 120° 150° 170°	5.93	4.19	4.96	5.93	8.4	10.3	13.2	18.7	26.5	3.18	3.18
	TF10	60° 90° 120° 150° 170°	8.12	6.45	7.63	9.12	12.9	15.8	20.4	28.8	40.8	3.97	3.18
3/8	TF6	60° 90° 120°	3.19	2.26	2.67	3.19	4.5	5.5	7.1	10.1	14.3	2.38	2.38
	TF8	60° 90° 120°	5.93	4.19	4.96	5.93	8.4	10.3	13.2	18.7	26.5	3.18	3.18
	TF10	60° 90° 120°	8.12	6.45	7.63	9.12	12.9	15.8	20.4	28.8	40.8	3.97	3.18
	TF12	60° 90° 120° 150° 170°	13.7	9.67	11.4	15.7	19.3	23.7	30.6	43.2	61.1	4.76	3.18
	TF14	60° 90° 120° 150° 170°	18.5	13.1	15.4	18.5	26.1	32.0	41.3	58.4	82.4	5.94	3.18
	TF16	60° 90° 120° 150° 170°	24.2	17.1	20.2	24.2	34.2	41.8	54.0	76.4	108	6.35	3.18
	TF20	60° 90° 120° 150° 170°	37.8	26.6	31.5	37.8	53.2	65.1	84.1	119	168	7.94	3.18
1/2	TF24	60° 90° 120° 150° 170°	54.9	38.6	46.0	54.9	77.7	95.1	123	174	248	9.53	4.76
	TF28	60° 90° 120° 150° 170°	75.2	53.2	62.9	75.2	106	130	168	238	336	11.1	4.76
3/4	TF32	60° 90° 120° 150° 170°	95.7	67.7	80.1	95.7	135	166	214	303	428	12.7	4.76
1	TF40	60° 90° 120° 150° 170°	153	106	128	153	216	264	341	483	683	15.9	6.35
	TF48	60° 90° 120° 150° 170°	217	153	181	217	306	375	484	685	968	19.1	6.35
1 1/2	TF56	60° 90° 120° 150° 170°	294	208	248	294	418	509	657	930	1320	22.2	7.94
	TF64	60° 90° 120° 150° 170°	385	272	322	385	545	667	861	1220	1720	25.4	7.94
	TF72	60° 90° 120° 150° 170°	438	309	366	438	619	756	978	1380	1960	28.6	7.94
2	TF88	60° 90° 120° 150° 170°	638	451	534	638	902	1110	1430	2020	2850	34.9	11.1
	TF96	60° 90° 120° 150° 170°	806	570	674	806	1140	1400	1800	2550	3600	38.1	11.1
3	TF112	60° 90° 120° 150° 170°	1170	825	976	1170	1650	2000	2610	3690	5220	44.5	14.3
	TF128	60° 90° 120° 150° 170°	1550	1090	1290	1550	2190	2680	3460	4891	6920	50.8	14.3
4	TF160	60° 90° 120°	2390	1690	2000	2390	3380	4140	5360	7570	10700	63.5	15.9

Flow Rate (l/min) = K √ bar *Dimensions are for bar stock, cast sizes may vary. **60° nozzles slightly longer; call BETE for details

Слика 7.5. Прскалка BETE Fog Nozzle TF- серија со своите карактеристики
Figure 7.5. Noozels BETE Fog Nozzle TF in series, with his caracteristics

7.1.3. Аплицирање со адитиви

Со оглед на големата изразеност на овој проблем, на пазарот се присутни голем број на компании кои ги нудат своите производи како алтернативно решение. Во основа тоа се различни типови на хемиски адитиви, кои во комбинација со вода или без растворување се аплицираат на површината од патот и овозможуваат негова хемиска стабилност. Техниките за аплицирање се разновидни и пред сè зависат од типот на адитивот и целта на програмата за контрола на прашината, а се движат од едноставно распрскување на растворот на површината на патот до сложени операции со риперовање, грејдирање и компактирање на површините со повеќекратни нанесувања на адитивите.

Според намената и начинот на дејствување се разликуваат три групи на адитиви:

- *адитиви за краткотрајна стабилизација*, кои во основа го намалуваат површинскиот напон на водата и со тоа ја зголемуваат брзината на апсорпција на водата и нејзината способност за продирање што подлабоко во површината на патот, со што се намалува нејзиното брзо испарување и се намалуваат оштетувањата на патот. Некои формулации содржат и специјални неиспарливи компоненти кои ги врзуваат ситните честички од површината на патот и со минимални количини на вода се постигнува подобро спречување на прашината.

Овие адитиви најчесто се аплицираат во вид на воден раствор (1:5000), со иста техника како со чистата вода и за нивно аплицирање не е потребна посебна припрема на патот, така што овозможуваат поефикасно спречување на прашината и смалување на количината на вода и намалување на фреквенцијата на прскање за 100%. Нивното дејство е кумулативно, така што ефектите се зголемуваат со текот на нивната редовна примена. Најчесто се биоразградливи, нетоксични и не ја зголемуваат корозијата на опремата потребна за нивно аплицирање.

- *Адитиви за среднорочна стабилизација*, оваа група ја сочинуваат органските смеси кои овозможуваат подобро сврзување на ситните честички од површината на патот. Обично во овие смеси се додаваат се

додаваат и хумектанти кои ја апсорбираат влагата од воздухот и ја држат површината на патот влажна подолго време.

Главна тоа се смеши на такифер и хумектант кои можат да се аплицираат како водени раствори или како чисти смеши. Апликацијата се врши со цистерни без предходна подготовка на патот. Кога ќе се постигни задоволувачко ниво на нивната концентрација на површината на патот тие значајно ја намалуваат потребата од реаплицирање, која во зависност од типот на адитивот и условите на патот може да се движи од 7 до 30 дена. Намалената потреба од навлажнување на патот и добрата супресија на прашината придонесуваат за зголемен бенефит кај транспортните операции.

- *Адитиви за долготрајна стабилизација*, кои се органски полимерни смеши, продукти на нафта, хлориди (кои заради еколошките проблеми се поретко се употребуваат). Овие адитиви се аплицираат со посебни постапки и генерираат еден посебен вид на кора (слична на асфалтот) со што овозможуваат долготрајна стабилизација на површината на патот.



Слика 7.6. Примена на адитиви на руднички патишта
Figure 7.6. Applying additives on mine roads

Тие се применуваат како водени раствори или како чисти смеши. За постоечките пристапни патишта во РЕК Битола би биле потребни 200.000,00€ кои би се вложиле за главните капитални трошоци за набавка на адитиви, имајќи го предвид широкиот асортиман на разни видови како моментално најприменливи методи на денешницата.

Вообичаено нивната примена бара посебна подготовка на патот за нивно аплицирање, почнувајќи од риперовање и грејдување на патот. Најпрво на

површината на патот се аплицира смешата на адитивот, а потоа со грејдер се додава материјал и се формира завршниот облик на подлогата. Најголеми ефекти се постигнуваат ако површината на патот се компактира со валјак и над неа се аплицира завршниот слој на адитивот. Вака подготвениот пат може да трае и повеќе од шест месеци без потреба од реаплицирање на адитив. Рееплицирањето е едноставно и се сведува на обновување на завршниот слој. За ваквиот начин на примена на овој вид на контрола на прашина на руднички патишта би требало да се издвојат оперативни трошоци од околу 50.000,00€, а флексибилноста и едноставноста на примена и големиот ефект од контролата на прашина придонесува до 90% ефикасност.

7.1.4. Употреба на органски сврзни средства

Најефективна превентивна постапка за спречување на настанувањето и расејувањето на прашина е изградба на патиштата со квалитетна коловозна конструкција. Превентивно спречување на емитурањето на прашина се остварува со набивање на прашинестиот и зрнестиот материјал при изработка на набиен слој на коловозот со битумен, раствор на сулфатен шпиритус во вода (со негова концентрација од 15-20%) и други сврзни супстанции.

Иако доста ефикасно не е земено како предлог-решение за во РЕК Битола, имајќи ја предвид променливоста на пристапните патишта кои се во зависност од методологијата и годишниот план на ископ во рудникот.

Австралискиот производител Australian PetroTac-Services Pty Ltd има широк асортиман:

- Модел EC 46 кој користи винил/акрил емулзија, сл. 7.7 а);
- Модел EDC кој користи раствор на јаглени хидрати, сл. 7.7 б);
- Модел 2112 HS кој користи полимери за спречување на прашина, сл.7.7 в).



а) Модел EC 46
Model EC 46



б) Модел EDC
Model EDC



в) Модел 2112 HS
Model 2112 HS

Слика 7.7. Разни видови модели за распрскување
Figure 7.7. Different spreading models

7.1.5. Повеќе критериумска анализа на предложените решенија за контрола на прашината од пристапните патишта во РЕК Битола

Проблемот за овој случај може да се формулира на следниот начин:

Потребно е да се избере најоптимално решение за контрола на прашината од пристапните патишта во РЕК Битола, за кое се дадени три алтернативни решенија и тоа:

- прскање на патиштата со вода од цистерни;
- прскање на патиштата со вода од стационарен хидросистем на прскалки;
- аплицирање со адитиви.

Табела 7.1. Алтернативни решенија за пристапни патишта

Table 7.1. Alternative solutions for access roads

	Алтернатива/Alternative	Ознака/Mark
1	Прскање на патиштата со вода од цистерни Road spreading by mobile water tank	A ₁
2	Прскање на патиштата со вода од стационарен хидросистем на прскалки Road spreading with water fro stationary noozle system	A ₂
3	Аплицирање со адитиви Application with aditives	A ₃

- Избор и идентификација на критериумите

По деталната анализа на проблемот, избрани се и идентификувани критериумите кои имаат најголемо влијание во решавањето на моделот и се дадени во следнава табела:

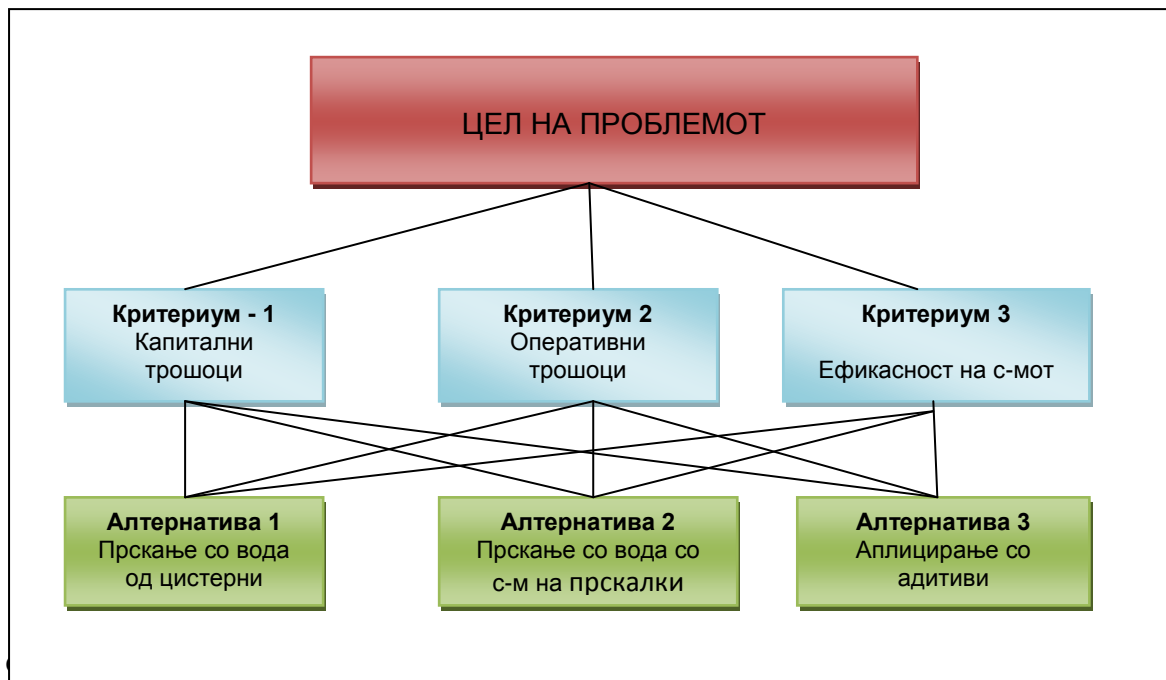
	Критериум	Ознака	Опис
1	Капитални трошоци	K ₁	Овие трошоци ги опфаќаат потребните финансиски средства кои се потребни за набавка и ставање во функција на дадената опрема за контрола на прашината од пристапните патишта како и дополнителната придружна опрема кон неа за нејзино целосно функционирање.
2	Оперативни трошоци	K ₂	Овде се опфатени трошоците за одржување на севкупната опрема и работната рака.
3	Ефикасност на контролата на прашина	K ₃	Процентуална ефикасност на избраната контрола.

Секој од овие критериуми има свое влијание (тежина) врз алтернативните решенија за што е извршена проценка според современи светски искуства.

Пристапни патишта			
Алтернативни решенија	Капитални трошоци	Оперативни трошоци	Ефикасност на контролата на прашина
прскање со вода од цистерни (A_1)	200.000,00€	100.000,00€	20%
прскање со вода од стационарен хидросистем на прскалки (A_2)	100.000,00€	30.000,00€	50%
аплицирање на адитиви (A_3)	200.000,00€	50.000,00€	90%

- Фази на методата на АНР

Фаза 1: Структурирање на проблемот



Во согласност со скалата на Saaty со девет точки, најпрво треба да се изврши споредување на значењето за поединечните атрибути (критериуми).

Табела 7.2. Скала на Saaty со девет точки

Table 7.2. Nine point Saaty scale

Скала/Scale	Рангирање/Ranking	Објаснување/Explanation
1	Еднакво важно/Equally important	Двата критериуми или алтернативи еднакво придонесуваат кон целта/Both criteria or alternatives contribute to the objective equally
3	Умерено поважно/Moderately more important	Врз основа на искуства и процени, се дава умерена предност на едниот критериум или алтернатива во однос на другиот/другата/Based on experience and estimation, moderate preference is given to one criteria or alternative over the other
5	Строго поважно/Strictly more important	Врз основа на искуства и процени, строго се фаворизира еден критериум или алтернатива во однос на другиот/другата/Based on experience and estimation, strict preference is given to one criteria or alternative over the other
7	Многу строга, докажана важност/Very strict, proven importance	Едниот критериум или алтернатива строго се фаворизира во однос на другиот/другата; неговата/нејзината доминација се докажува во праксата/One criteria or alternative is strictly preferred over the other; its dominance has been proven in practice
9	Екстремна важност/Extreme importance	Доказите врз основа на кои се фаворизира еден критериум или алтернатива во однос на друг/друга се потврдени со најголема сигурност/The evidence based on which one criteria or alternative is preferred over the other has been confirmed to the highest confidence
2, 4, 6, 8	Меѓувредности/Midvalues	

Проценката и приоритетот за дадениот проблем се претставени табеларно во вид на матрица, каде се доделени соодветни вредности од Saaty-евата скала чиј вредности доколку се во загради претставуваат инвертен (реципрочен) однос на преференција. На пример, доколку на пресекот помеѓу K_1 и K_3 му е доделена вредност (2), тогаш вистинската вредност е $1/2$ којашто ќе се користи при пресметувањето.

	K1	K2	K3
K1	1	3	7
K2		1	2
K3			1

Фаза 3: Оценување на релативните тежини

За решавање на поставениот проблем е користена апроксимативна процедура за добивање на сопствените вектори, која се состои во слениве 4 чекори:

Чекор 1: Преработување на матрицата со подредување на паровите и наоѓање на збир за сите елементи во секоја колона.

Чекор 2: Делење на елементите од секоја колона со збирот на вредностите од соодветна колона каде што се наоѓа елементот. Со тоа се добива нормализирана релативна тежина на секој од елементите, при што сумата на секоја колона треба да изнесува 1.

Чекор 3: Се наоѓа збирот и средна вредност од сите добиени елементи од претходниот чекор за секој ред. Колоната која ќе се добие од тие средни вредности всушност е нормализираниот сопствен вектор т.н. вектор на приоритет. Со оглед на тоа што е нормализиран, сумата на сите елементи во векторот на приоритет е 1. Векторот на приоритет ги покажува релативните тежини меѓу елементите што ги споредуваме.

Чекор 1: Преработена табела (матрица) за споредување на тежините на паровите

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	3	7
K ₂	0,33	1	2
K ₃	0,14	0,5	1

$$(K_1, K_1) = (K_2, K_2) = (K_3, K_3) = 1,0;$$

$$(K_2, K_1) = 1/(K_1, K_2) = 1/3 = 0,33$$

$$(K_3, K_1) = 1/(K_1, K_3) = 1/7 = 0,14$$

$$(K_3, K_2) = 1/(K_2, K_3) = 1/2 = 0,5$$

Чекор 2: Пресметување на нормализираната релативна тежина на елементите во матрицата.

Се врши сумирање на секоја колона од реципрочната матрица и се добива следнава табела:

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	3	7
K ₂	0,33	1	2
K ₃	0,14	0,5	1
Сума	1,47	4,5	10

Пополнувањето на следнава табела се врши така што секој елемент од претходната табела се дели со збирот од соодветната колона:

	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅
	К ₁	К ₂	К ₃	Сума	Средна вредност
К ₁	0,68	0,67	0,70	2,05	0,68
К ₂	0,22	0,22	0,20	0,64	0,21
К ₃	0,09	0,11	0,10	0,30	0,10

Чекор 3: Во овој чекор се собираат сите вредности на елементите на критериумите по редовите, тоа всушност е колоната Б₄ од претходната табела.

Вредностите во колоната Б₅ се средните вредности, коишто се добиваат кога соодветната вредност од колоната Б₄ ќе се подели со бројот на критериуми (пример за редот К₁ имаме: Б₅ = Б₄/3 = 0,68).

На овој начин се добива нормализираниот сопствен вектор (вектор на приоритет), т.е. пресметано е учеството или важноста на секој критериум во моделот.

Конечен приоритет за I ниво	
К ₁	0,68
К ₂	0,21
К ₃	0,10

Пресметка на конзистентноста на споредбата

Saaty воведува мерка на конзистенција за субјективна процена преку индексот на конзистенција (C.I.), како отстапување или степен на конзистентност за да се осигура точноста и тој се пресметува според равенката:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

каде што се:

λ_{\max} - максимална или својствена вредност на матрицата,

n - големина на матрицата (број на редови на матрицата), n = 3.

$$\lambda_{\max} = [(1 \times 0,68 + 3 \times 0,21 + 7 \times 0,10)/0,68 + (0,33 \times 0,68 + 1 \times 0,21 + 2 \times 0,10)/0,63 + (0,14 \times 0,68 + 0,5 \times 0,21 + 1 \times 0,10)/0,3]/3 = 3,001$$

Оттука следува дека индексот на конзистенција изнесува:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3,001 - 3}{3 - 1} = 0,001$$

Saaty предлага користење на овој индекс на тој начин што ќе се спореди со соодветен друг индекс. Соодветниот индекс на конзистенција е наречен случаен индекс на конзистенција (R.I.). Saaty случајно генерирал реципрочна матрица со користење на размерот 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9 и го добил случајниот индекс на конзистенција за да види дали е околу 10% или помал. Вредностите на случајниот индекс на конзистенција (R.I.) се дадени во табелата на Saaty:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Во овој случај, за $n = 3$, добиваме дека $R.I. = 0,58$.

Исто така, Saaty предложил т.н. однос на конзистентност што претставува споредба меѓу индексот на конзистенција и случајниот индекс на конзистенција или во формула:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

Ако вредноста на односот на конзистенција е помал или еднаков на 10%, конзистенцијата е прифатлива. Ако односот на конзистенција е поголем од 10%, треба да се ревидира субјективната оценка.

Со замена на добиените вредности во равенката за односот на конзистентност добиваме:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = 0,001/0,58 = 0,002 < 0,10$$

Со тоа добиваме дека субјективната оцена за преференцата на критериумите е конзистентна.

Во следната фаза на пресметката, носителот на одлуката ги проценува сите три начини за контрола на прашината и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

Соодветните матрици на споредување на алтернативите од второто ниво за секој атрибут и нивните приоритети се прикажани во подолните табели:

Процена и приоритет во однос на критериумот K_1 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(7)	(9)
A_2		1	(2)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_1).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,14	0,11
A_2	7	1	0,5
A_3	9	2	1
Сума	17	3,14	1,61

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	Б₁	Б₂	Б₃	Б₄	Б₅
	A₁	A₂	A₃	Сума	Средна вредност
A₁	0,06	0,04	0,07	0,17	0,06
A₂	0,41	0,32	0,31	1,04	0,35
A₃	0,35	0,64	0,62	1,79	0,60

$\lambda_{\max} = 3.043$; $CI = 0.0215$; $CR = 0,04 < 0.1$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K₁	
A ₃	0,60
A ₂	0,35
A ₁	0,06

Процена и приоритет во однос на критериумот K₂:

	A₁	A₂	A₃
A₁	1	(3)	(7)
A₂		1	(2)
A₃			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K₂).

	A₁	A₂	A₃
A₁	1	0,33	0,14
A₂	3	1	0,5
A₃	7	2	1
Сума	11	3,33	1,64

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅
	А ₁	А ₂	А ₃	Сума	Средна вредност
А ₁	0,10	0,10	0,09	0,29	0,097
А ₂	0,27	0,30	0,30	0,87	0,29
А ₃	0,64	0,60	0,61	1,85	0,62

$$\lambda_{\max} = 3.053; CI = 0.027; CR = 0,047 < 0.1$$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот К ₂	
А ₃	0,62
А ₂	0,29
А ₁	0,10

Процена и приоритет во однос на критериумот К₃:

	А ₁	А ₂	А ₃
А ₁	1	(3)	(5)
А ₂		1	(2)
А ₃			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот К₂).

	А ₁	А ₂	А ₃
А ₁	1	0,33	0,20
А ₂	3	1	0,5
А ₃	5	2	1
Сума	9	3,33	1,70

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅
	А ₁	А ₂	А ₃	Сума	Средна вредност
А ₁	0,11	0,10	0,12	0,33	0,11
А ₂	0,33	0,30	0,30	0,93	0,31
А ₃	0,56	0,60	0,59	1,75	0,58

$$\lambda_{\max} = 3.006; \text{ CI} = 0.003; \text{ CR} = 0,0052 < 0.1$$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот К ₃	
А ₃	0,58
А ₂	0,31
А ₁	0,11

Фаза 4: Одредување на решението на проблемот

На крајот од претходната постапка следува севкупна синтеза за проблемот која се пресметува така што за секоја алтернатива, на пр. за А₁, се врши множење на нејзиното учество (тежина) во делот на разгледуваниот критериум. На истиот начин се постапува со сите критериуми и на крајот резултатите се собираат.

Тежината на првиот критериум К₁ е 0,68, а тежината на алтернативата А₁ е 0,06. Со нивно множење се добива:

$$K_1 \times A_1 = 0,68 \times 0,06 = 0,0408.$$

За вториот критериум имаме:

$$K_2 \times A_1 = 0,21 \times 0,10 = 0,021.$$

Така по ред се продолжува за сите критериуми и алтернативи.

Критериуми	Алтернативи
$K_1 = 0,68$	$A_3 = 0,408$
	$A_2 = 0,238$
	$A_1 = 0,0408$
$K_2 = 0,21$	$A_3 = 0,1302$
	$A_2 = 0,0609$
	$A_1 = 0,021$
$K_3 = 0,10$	$A_1 = 0,058$
	$A_2 = 0,031$
	$A_3 = 0,011$

Со собирањето на претходно добиените резултати за првата алтернатива се добива вкупното учество (тежина) за првата алтернатива, а потоа и за втората, третата и четвртата алтернатива соодветно.

За првата алтернатива се добива:

$$A_1 = A_1(K_1) + A_1(K_2) + A_1(K_3) = 0,1198.$$

Аналогно, и за преостанатите три алтернативи се врши истата пресметка.

Добиените резултати се внесуваат во следната табела со рангирање на алтернативите.

Алтернатива	Ранг
A_3	0,5492
A_2	0,3299
A_1	0,1198

Врз основа на добиените резултати, коишто се наоѓаат во погорната табела за рангирање на алтернативите, очигледно е дека најдобра мерка за контрола на прашина од пристапните руднички патишта е алтернативата A_3 , т.е. **моделот со аплицирање на адитив DB 07900.**

7.1.6.Разработка на програмата од предложеното решение за контрола на прашината од пристапните патишта во РЕК Битола

Со цел да се ублажи состојбата од емитирањето на фугитивната прашина од Депонијата за јаглен, разработена е Програма за супресија на фугитивната прашина, соодветно на специфичните услови на одвивање на операциите на пристапните патишта во РЕК Битола, која ќе обезбеди максимална ефикасност, економичност и флексибилност.

Со додавање на специјално формулирана смеса од сурфактанти, хумеканти и тикифери (DB 07900) се овозможува активна, подолготрајна и поефикасна супресија на прашината која се емитира при движење на возилата на патот. Покрај значително поефикасната редукција на емисиите на прашина, оваа програма обезбедува значителна редукција на фреквенцијата на прскањето, што пак директно ги намалува трошоците споредено со прскањето со чиста вода, така што оваа програма покрај другите бенифиции, обезбедува и значително поголема економичност во примената.

Дејството на адитивите е кумулативно, односно со зголемување на нивната концентрација во подлогата на патот, се зголемува и нивната ефикасност. Од тие причини, за максимална ефикасност на програмата неопходно е во почетната фаза или по подолга пауза на програмата (зимскиот период и сл.) да се изврши т.н. „концентрирано“ прскање.

Концентрираното прскање се изведува со повисока концентрација на адитивот (2%) во почетниот период (првото и второто прскање) во зависност од условите и должината на паузата на програмата.

Кога адитивот ќе постигне активна концентрација во подлогата на патот, се преминува на нормално прскање со пониска концентрација (0,6% до 0,8%). Нормалното прскање се изведува еднаш на две недели или по потреба (периодот може да се продолжи или да се скрати зависно од условите и бараната ефикасност).

Притоа за ефикасна супресија неопходно е да се обезбеди покривање на целата површина со доволно количество течност (1,5 литри на m^2).

Апликацијата на растворот со адитивот се врши со распрскување на површината на патот (на ист начин како и третманот со чиста вода), со

однапред дефинирана концентрација на адитивот во растворот и соодветен временски распоред на прскањето.

Подготовка на растворот

Од суштинска важност за ефикасноста на програмата за супресија на фугитивната прашина е извршувањето на правилна подготовка на адитивите, односно растворот со кој ќе се извршува третирањето на предвидените површини.

Постапката за подготовка на адитивите мора да се изведува редоследно (чекор по чекор), со максимално почитување на процедурите.

Чекор 1 - Цистерната со која ќе се врши третирањето (распрскувањето на растворот) се полни со чиста вода до максимално дозволеното ниво, така што во цистерната мора да има доволно простор за додавање на хемикалијата. Особено треба да се обрне внимание пред почеток на подготовката на растворот цистерната да биде чиста, а сите делови за регулација и распрскување (капакот, вентилите, спојниците и прскалките) да се исправни.

Чекор 2 - Се додава точно определено количество од адитивот (DB – 07900) согласно со рецептурата. За додавање на хемикалиите се користи сад со познат волумен и позната тежина при дадениот волумен, од компактибилен материјал. Додавањето на хемикалијата се врши постепено за да се избегне пролевање или запенување.

Со исполнувањето на овој чекор растворот е спремен за употреба.

Адитивот лесно се раствора и формира хомоген раствор. Препорачливо е до местото на апликација на растворот цистерната да помине минимум 500m, со што растворањето би било целосно. Растворот спремен за употреба треба да има темнокафеава боја.

Со хемикалиите треба да се ракува согласно со процедурите за чување и ракување. По додавањето на хемикалијата треба да се затвори капакот на цистерната. Подготвениот раствор не е препорачливо да се држи во цистерната повеќе од осум часа.

Табела 7.3. Примерна рецептура за подготовка на растворот со адитивот DB 07900

Table 7.3. Example for receipt for preparation of additive solution DB 07900

Волумен на цистерната [l] Water tank volume [l]	Концентрирано покривање Concentrated coverage		Нормално прскање Normal spreading		Вкупна површина на покривање [m ²] со една цистерна Total surface covered [m ²] by mobile water tank
	1,5% раствор 1,5% solution		0,5% раствор 0,5% solution		
	Вода water	DB 07900 [kg]	Вода water	DB 07900 [kg]	
5000	4500	68	4500	23	3000
7000	6500	98	6500	33	4400
10.000	9500	143	9500	48	6400

Во предходната табела се прикажани примерни вредности. Потребното количество адитив се одредува така што растворот ќе биде со соодветна густина и тоа:

- 1,5% за концентрирано прскање;
- 0,5% за нормално прскање, при што 1,5 литри раствор се доволни за покривање на 1m² од патот кој се третира.

Ако:

P - површина која е планирана да се третира [m²]

H - потребно количество адитив [kg]

V - потребно количество вода [l]

V_c -зафатнина на цистерната [l]

$$H=P*0,08 \text{ [kg]}$$

$x+2x+3x = H$ (каде што x е количеството адитив потребно за првото покривање)

$$V= x*100 \text{ [l]}$$

За конкретниот случај пристапни патишта во РЕК Битола пресметката е следна:

$$P=30.000 \text{ [m}^2\text{]}$$

V_c=8.000[l], тогаш за нормално прскање имаме:

$$H = 8000 \cdot 0,005 \text{ [kg]} = 40 \text{ [kg]}$$

$$V = 7500 \text{ [l]}$$

па од тука следи дека со една цистерна може да се покрие површина од $x \text{ [m}^2\text{]}$

$$x = V / 1.5 = 7500 / 1.5$$

$$x = 5000 \text{ [m}^2\text{]},$$

односно, за покривање на вкупната планирана површина ќе бидат потребни n цистерни:

$$n = P / x = 30.000 / 5.000 = 6 \text{ цистерни}$$

За изведување на оваа работна операција се потребни минимум двајца оператори, кои детално ќе бидат запознати со постапката на работа, како и со упатството за чување и ракување со хемикалиите.

Техники на распрскување

Распрскувањето (аплицирањето) на растворот со адитиви врз површините предвидени за третирање се изведува со млазниците вградени на цистерната (напред или назад). Притоа, најважно е да се обезбеди целосно и рамномерно покривање на површините на транспортните патишта, така што на секој m^2 од патот ќе се испрска 1,5 литар од растворот.

Прскалките мора да бидат насочени пред/зад цистерната, односно да прскаат напред/назад, а не настрана.

Со оглед на кумулативното дејство на адитивите, односно зголемувањето на нивната ефикасност со зголемување на нивната концентрација во подлогата на патот, неопходно е во почетната фаза да се изврши „концентрирано“ прскање еднаш до два пати (зависно од условите и должината на паузата), за да се постигне одредена (активна) концентрација на адитивот во подлогата. По постигнувањето на активната концентрација на адитивот во патот се преминува на „нормално“ прскање со концентрација од 0,05% со адитив. Според конкретните услови, препорачливо е „нормалното“ прскање да се изведува еднаш на две недели. Овој период може да се продолжи или скрати во зависност од условите (влажноста на воздухот, температурата, состојбата на подлогата и интензитетот на сообраќај), како и од бараниот степен на ефикасност.

Препорачливо е распрскувањето да се изведува само во услови на сончево време и температура на воздухот над 0°C.

За изведување на оваа операција потребен е еден оператор, кој детално е запознаен со процедурата, како и упатството за чување и ракување со хемикалиите. По завршувањето на прскањето, неопходно е цистерната и уредите за распрскување целосно да се исчистат.

7.2. Предлог-мерки за контрола на фугитивната прашина од Депонијата за јаглен како површински извор на прашина во РЕК Битола

Со цел да се ублажи состојбата од емитирањето на фугитивната прашина од Депонијата за јаглен предложени се три технологии за намалување на прашина и тоа:

- набивање на рудните греди со основната механизација (булдожери);
- прскање на рудните греди со вода;
- аплицирање со адитив,

од кои со помош на повеќекритериумска анализа над предложените решенија ќе се дојде до најоптималното решение за конкретниот површински извор на фугитивна прашина.

7.2.1.Набивање на рудните греди со основната механизација (булдожери)

Ова е веќе постоечко решение на Депонијата за јаглен во РЕК Битола, кое не е доволно ефикасно.

Со набивањето на рудните греди се постигнува некаде околу 20% намалување на фугитивната прашина, што не треба да се остави како решение за дадениот проблем, но сепак како процес би можело да се користи за спречување на samozапалувањето на јагленот во внатрешноста на рудните греди за што пак има доста голем ефект.



Слика 7.8. Работа на булдожер на Депонија за јаглен
Figure 7.8. Bulldozer in operation at Coal storage area

Капиталните трошоци ги опфаќаат набавките на булдожери за извршување на операциите за набивање и рамнење на рудните греди кои се со доста високи цени и изнесуваат околу 400.000,00€, а за нивно понатамошно одржување и користење на гориво и работни саати за оперативниот работник се издвојуваат средства за т.н. оперативни трошоци во висина од 50.000,00€.

Имајќи ги предвид сите овие констатации може да се заклучи дека ова не е многу ефикасно решение за контрола на фугитивната прашина која се јавува на депонијата за јаглен.

7.2.2. Прскање на рудните греди со вода со с-м на прскалки

Користењето на вакви системи е доста често и тие можат да се изведат од цевководи приклучени на системот за одводнување на рудникот или системот за довод на вода во термоелектраната, на кои редно се врзани прскалките, што го прави ваквиот систем на користење со 80% ефикасност.

Имајќи ги предвид димензиите на Депонијата за јаглен можат да се предложат следниве потребни капитални трошоци за изведба на овој систем за спречување на прашината:

- изведба на нов цевковод околу Депонијата;
- набавка на соодветни пумпи со кои ќе може да се одржува притисокот во цевководот кој ќе овозможува постојана работа на прскалките во зависност каков тип ќе биде избран;
- набавка на потребен број на прскалки;

- набавка на специјален механизам за контрола на работата на прскалките и сл. за што би требало да се издвојат финансиски средства за овие капитални трошоци од околу 30.000,00€, а за понатамошното одржување на ваквиот систем за контрола на прашината потребни се околу 550.000,00€.

Во поглед на ефикасноста на работата на системот треба да се напомене дека ваквиот вид на спречување на фугитивна прашина би имал големо влијание врз понатамошниот процес на согорување на јагленот што претставува дополнителен трошок за нова инвестиција во организацијата предизвикана од намалувањето на калоричноста на јагленот и дополнително негово сушење што ги зголемува оперативните трошоци на над 550.000 €.

Исто така, треба да се предвидат и зимските услови на работа кога многу често на ова подрачје има услови за појава на екстремно ниски температури што може да доведе до замрзнување на водата со што се намалува ефикасноста на овој систем.



Слика 7.9. Прскање на рудните греди со вода со с-м на прскалки

Figure 7.9. Water spreading by nouzle system on coal sectors

7.2.3. Третирање на површините на Депонијата за јаглен со биндер DB-007

Со цел да се ублажи состојбата од емитирањето на фугитивната прашина од Депонијата за јаглен, предложена е Програма за супресија на фугитивната прашина, соодветно на специфичните услови на одвивање на операциите на Депонијата за јаглен во РЕК Битола со нејзините претходно наведени карактеристични големини и системи кои се експлоатираат на истата.

Во основа програмата се состои од третирање на површините на депонијата за јаглен, со раствор на специјално дизајниран биндер DB-007 и вода. Со третирањето се создава тенка (цврста и непропусна) површинска кора, која треба да овозможи значителна редукција на фугитивните емисии на прашина и „запечатување на депонијата“. Сето ова ќе има долготрајни поволни ефекти низ редукција на атмосферските влијанија, како ветерот, влажноста и оксидацијата. Третирањето на површините е брзо и едноставно. Се врши во три (3) фази со постепено зголемување на концентрацијата на адитивите во растворот (1%, 2% и 3%). Помеѓу секоја фаза потребно е да се остави време за да започне процесот на зацврстување.

Секоја од фазите се состои од два чекори, подготовка на растворот (адитивите) и нивно распрскување (апликација) на предвидените површини (деталниот опис е даден во продолжение).

За изведување на целата операција, потребни се двајца (2) оператори и соодветно возило цистерна. Со оглед на конкретните услови (количината на јаглен на Депонијата и димензиите на Депонијата), за изведување на операцијата во нормални услови доволни се една до две работни смени. Под нормални услови се подразбираат температура над 0°C и не премногу висока релативна влажност (магла и сл.). Препорачливо е третирањето да не се врши во услови кога прогнозата најавува врнежи во период од 24 часа, иако по неколку часа хемикалијата го почнува процесот на зацврстување и не се раствора.

Формираната кора е трајна и нема потреба од репликација до крајот на ефектниот циклус на постоење на депонијата (не подолго од 1 година).

Во екстремни услови или во случаи кога на депонија се таложи прашина од други извори (што може да предизвика појава на секундарни емисии на

прашина), препорачливо е изведување на корекционо прскање, кое се врши само во една фаза со 2% раствор и треба да овозможи обновување и засилување на формираната кора.

Во случаи кога поради лоши услови (суво и ветровито време, прашлив материјал) при истоварот на јагленот и формирањето на рудните греди доаѓа до појава на високи емисии на прашина, се препорачува прскање со слаб (0,5%) раствор на адитивот DB-07900 (кој вообичаено се користи за контрола на фугитивната прашина на транспортните патишта). За таа цел доволна е подготовка на една цистерна раствор дневно, од која ќе биде прскано два до три пати дневно. Ваквиот третман може да се користи во текот на целиот период на истовар на јагленот и формирањето на рудните греди. Во овој случај се потребни околу 30.000€ за основните капитални трошоци за набавка на опрема за аплицирање, а оперативните трошоци кои ќе ја опфатат потрошувачката на адитив, гориво и реализираните работни часа на оперативниот работник би се свеле на околу 150.000€ на годишно ниво. Едноставниот начин на примена и големиот ефект на контрола ја прават оваа мерка доста ефикасна (90%).



Слика 7.10. Распрскување (аплицирање) на растворот со адитив

Figure 7.10. Spreading (application) of solution with additive

7.2.4. Повеќе критериумска анализа на предложените решенија за контрола на прашината од Депонијата за јаглен во РЕК Битола

Проблемот за овој случај може да се формулира на следниов начин:

Потребно е да се избере најоптимално решение за контрола на прашината од Депонијата за јаглен во РЕК Битола, за кое се дадени три алтернативни решенија и тоа:

- набивање на рудните греди со основната механизација (булдожери);
- прскање на рудните греди со вода;
- аплицирање со адитив.

Табела 7.4. Алтернативни решенија за Депонија за јаглен

Table 7.4. Alternative solutions for coal storage

	Алтернатива/Alternative	Ознака/Mark
1	Набивање на рудните греди со основната механизација Stiffness of mine areas with masic equipment	A ₁
2	Прскање на рудните греди со вода Spreading of mine areas with water	A ₂
3	Аплицирање со адитиви Applying with aditives	A ₃

- Избор и идентификација на критериумите

По деталната анализа на проблемот, избрани се и идентификувани критериумите кои имаат најголемо влијание во решавањето на моделот и се дадени во следнава табела:

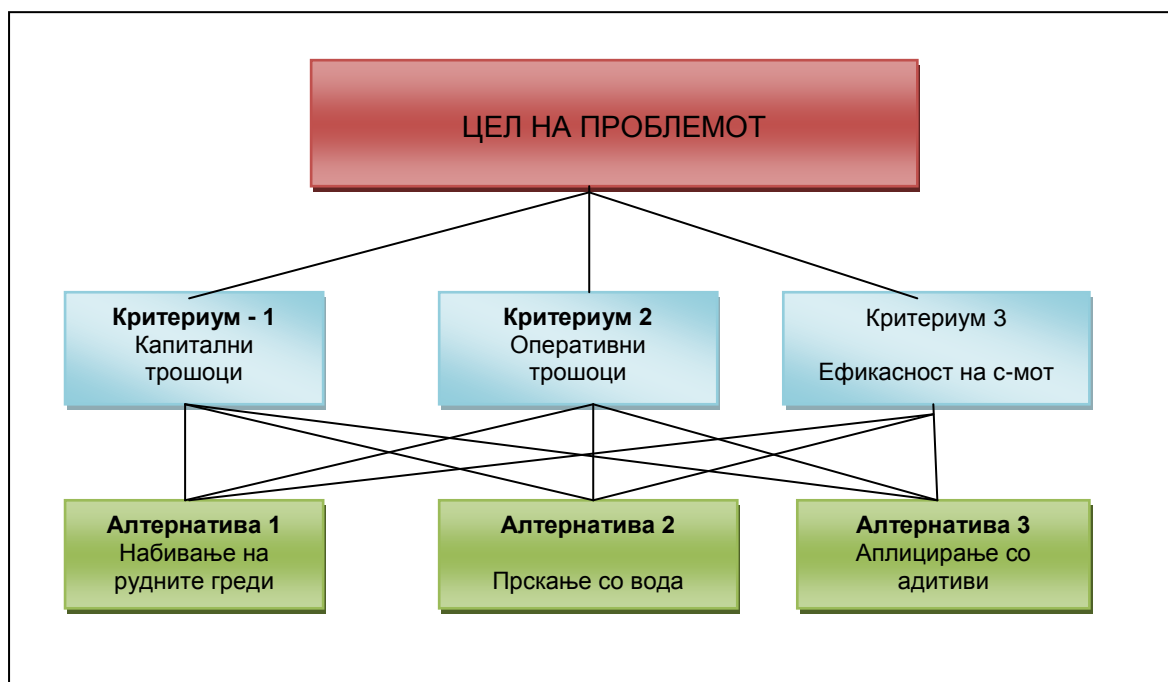
	Критериум	Ознака	Опис
1	Капитални трошоци	K ₁	Овие трошоци ги опфаќаат потребните финансиски средства кои се потребни за набавка и ставање во функција на дадента опрема за контрола на прашина од Депонијата за јаглен, како и дополнителната придружна опрема кон неа за нејзино целосно функционирање.
2	Оперативни трошоци	K ₂	Овде се опфатени трошоците за одржување на севкупната опрема и работната рака.
3	Ефикасност на контролата на прашина	K ₃	Процентуална ефикасност на избраната контрола.

Секој од овие критериуми има свое влијание (тежина) врз алтернативните решенија за што е извршена проценка според современи светски искуства.

Депонија за јаглен			
Алтернативни решенија	Капитални трошоци	Оперативни трошоци	Ефикасност на контролата на прашина
набивање на рудните греди со основната механизација (A ₁)	400.000,00€	50.000,00€	20%
прскање на рудните греди со вода од стационарен хидросистем на прскалки (A ₂)	30.000,00€	550.000,00€	80%
аплицирање на адитиви (A ₃)	30.000,00€	150.000,00€	90%

- Фази на методата на АНР

Фаза 1: Структурирање на проблемот



Фаза 2: Собирање на податоци

Во согласност со скалата на Saaty со девет точки, најпрво треба да се изврши споредување на значењето за поединечните атрибути (критериуми).

Проценката и приоритетот за дадениот проблем се претставени табеларно во вид на матрица, каде што се доделени соодветни вредности од Saaty скалата чии што вредности доколку се во загради претставуваат инвертен (реципрочен) однос на преференција. На пример, доколку на пресекот помеѓу K_1 и K_3 му е доделена вредност (2) тогаш вистинската вредност е $1/2$ којашто ќе се користи при пресметувањето.

	K1	K2	K3
K1	1	2	7
K2		1	3
K3			1

Фаза 3: Оценување на релативните тежини

За решавање на поставениот проблем е користена апроксимативна процедура за добивање на сопствените вектори, која се состои во слениве 4 чекори:

Чекор 1: Преработување на матрицата со подредување на паровите и наоѓање на збир за сите елементи во секоја колона.

Чекор 2: Делење на елементите од секоја колона со збирот на вредностите од соодветна колона каде што се наоѓа елементот. Со тоа се добива нормализирана релативна тежина на секој од елементите, при што сумата на секоја колона треба да изнесува 1.

Чекор 3: Се наоѓа збирот и средна вредност од сите добиени елементи од претходниот чекор за секој ред. Колоната која ќе се добие од тие средни вредности всушност е нормализираниот сопствен вектор т.н. вектор на приоритет. Со оглед на тоа што е нормализиран, сумата на сите елементи во векторот на приоритет е 1. Векторот на приоритет ги покажува релативните тежини меѓу елементите што ги споредуваме.

Чекор 1: Преработена табела (матрица) за споредување на тежините на паровите

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	2	7
K ₂	1/2	1	3
K ₃	1/7	1/3	1

$$(K_1, K_1) = (K_2, K_2) = (K_3, K_3) = 1,0;$$

$$(K_2, K_1) = 1/(K_1, K_2) = 1/2 = 0,5$$

$$(K_3, K_1) = 1/(K_1, K_3) = 1/7 = 0,14$$

$$(K_3, K_2) = 1/(K_2, K_3) = 1/3 = 0,33$$

Чекор 2: Пресметување на нормализираната релативна тежина на елементите во матрицата.

Се врши сумирање на секоја колона од реципрочната матрица и се добива следнава табела:

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	2	7
K ₂	0,5	1	3
K ₃	0,14	0,33	1
Сума	1,64	3,33	11

Пополнувањето на следнава табела се врши така што секој елемент од предходната табела се дели со збирот од соодветната колона:

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
	K ₁	K ₂	K ₃	Сума	Средна вредност
K ₁	0,61	0,60	0,64	1,85	0,62
K ₂	0,30	0,30	0,27	0,87	0,29
K ₃	0,09	0,10	0,09	0,28	0,09

Чекор 3: Во овој чекор се собираат сите вредности на елементите на критериумите по редовите, тоа всушност е колоната B₄ од претходната табела.

Вредностите во коланата B₅ се наоѓаат средните вредности, кои што се добиваат кога соодветната вредност од колоната B₄ ќе се подели со бројот на критериуми (пример за редот K₁ имаме: $B_5 = B_4/3 = 0,62$).

На овој начин се добива нормализираниот сопствен вектор (вектор на приоритет), т.е. пресметано е учеството или важноста на секој критериум во моделот.

Конечен приоритет за I ниво	
K ₁	0,62
K ₂	0,29
K ₃	0,09

Пресметка на конзистентноста на споредбата

Saaty воведува мерка на конзистенција за субјективна процена преку индексот на конзистенција (CI), како отстапување или степен на конзистентност за да се осигура точноста, и тој се пресметува според равенката:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

каде што се:

λ_{\max} - максимална или својствена вредност на матрицата,
 n - големина на матрицата (број на редови на матрицата), $n = 3$.

$$\lambda_{\max} = [(1 \times 0,62 + 2 \times 0,29 + 7 \times 0,09) / 0,62 + (0,5 \times 0,62 + 1 \times 0,29 + 3 \times 0,09) / 0,29 + (0,14 \times 0,62 + 0,33 \times 0,29 + 1 \times 0,09) / 0,09] / 3 = 3,02$$

Оттука следува дека индексот на конзистенција изнесува:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3,02 - 3}{3 - 1} = 0,01$$

Saaty предлага користење на овој индекс на тој начин што ќе се спореди со соодветен друг индекс. Соодветниот индекс на конзистенција е наречен случаен индекс на конзистенција (R.I.). Saaty случајно генерирал реципрочна матрица со користење на размерот 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9 и го добил случајниот индекс на конзистенција за да види дали е околу 10% или помал. Вредностите на случајниот индекс на конзистенција (R.I.) се дадени во табелата на Saaty:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Во овој случај, за $n = 3$, добиваме дека $R.I. = 0,58$.

Исто така, Saaty предложил т.н. однос на конзистентност што претставува споредба меѓу индексот на конзистенција и случајниот индекс на конзистенција или во формула:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

Ако вредноста на односот на конзистенција е помал или еднаков на 10%, конзистенцијата е прифатлива. Ако односот на конзистенција е поголем од 10% треба да се ревидира субјективната оцена.

Со замена на добиените вредности во равенката за односот на конзистентност добиваме:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = 0,01/0,58 = 0,017 < 0,10$$

Со тоа добиваме дека субјективната оцена за преференцата на критериумите е конзистентна.

Во следната фаза на пресметката, носителот на одлуката ги проценува сите три начини за контрола на прашината и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

Соодветните матрици на споредување на алтернативите од второто ниво за секој атрибут и нивните приоритети се прикажани во подолните табели:

Процена и приоритет во однос на критериумот K_1 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(5)	(9)
A_2		1	(3)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_1).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,2	0,11
A_2	5	1	0,33
A_3	9	3	1
Сума	15	4,2	1,44

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	A_1	A_2	A_3	Сума	Средна вредност
A_1	0,07	0,05	0,08	0,2	0,07
A_2	0,33	0,24	0,23	0,8	0,27
A_3	0,60	0,71	0,69	2	0,67

$$\lambda_{\max} = 3.053; \text{ CI} = 0.0265; \text{ CR} = 0,052 < 0.1$$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K_1	
A_3	0,67
A_2	0,27
A_1	0,07

Процена и приоритет во однос на критериумот K_2 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(5)	(7)
A_2		1	(2)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_2).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,2	0,14
A_2	5	1	0,5
A_3	7	2	1
Сума	13	3,2	1,64

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	A_1	A_2	A_3	Сума	Средна вредност
A_1	0,08	0,06	0,09	0,23	0,08
A_2	0,38	0,31	0,30	0,99	0,33
A_3	0,54	0,63	0,61	1,78	0,59

$\lambda_{\max} = 3.022$; $CI = 0.011$; $CR = 0,02 < 0.1$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K_2	
A_3	0,59
A_2	0,33
A_1	0,08

Процена и приоритет во однос на критериумот K_3 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(3)	(5)
A_2		1	(2)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_2).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,33	0,20
A_2	3	1	0,5
A_3	5	2	1
Сума	9	3,33	1,70

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	A_1	A_2	A_3	Сума	Средна вредност
A_1	0,11	0,10	0,12	0,33	0,11
A_2	0,33	0,30	0,30	0,93	0,31
A_3	0,56	0,60	0,59	1,75	0,58

$\lambda_{\max} = 3.006$; $CI = 0.003$; $CR = 0,0052 < 0.1$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K_3	
A_3	0,58
A_2	0,31
A_1	0,11

Фаза 4: Одредување на решението на проблемот

На крајот од претходната постапка следува севкупна синтеза за проблемот која се пресметува така што за секоја алтернатива, на пр. за A_1 , се врши множење на нејзиното учество (тежина) во делот на разгледуваниот критериум. На истиот начин се постапува со сите критериуми и на крајот резултатите се собираат.

Тежината на првиот критериум K_1 е 0,62, а тежината на алтернативата A_1 е 0,07. Со нивно множење се добива:

$$K_1 \times A_1 = 0,62 \times 0,07 = 0,0434.$$

За вториот критериум имаме:

$$K_2 \times A_1 = 0,29 \times 0,08 = 0,0232,$$

така по ред се продолжува за сите критериуми и алтернативи.

Критериуми	Алтернативи
$K_1 = 0,62$	$A_3 = 0,415$
	$A_2 = 0,167$
	$A_1 = 0,0434$
$K_2 = 0,29$	$A_3 = 0,171$
	$A_2 = 0,0957$
	$A_1 = 0,0232$
$K_3 = 0,09$	$A_3 = 0,052$
	$A_2 = 0,030$
	$A_1 = 0,010$

Со собирањето на претходно добиените резултати за првата алтернатива се добива вкупното учество (тежина) за првата алтернатива, а потоа и за втората, третата и четвртата алтернатива соодветно.

За првата алтернатива се добива:

$$A_1 = A_1(K_1) + A_1(K_2) + A_1(K_3) = 0,074.$$

Аналогно, и за преостанатите три алтернативи се врши истата пресметка.

Добиените резултати се внесуваат во следнава табела.

Рангирање на алтернативите.

Алтернатива	Ранг
A₃	0,6380
A₂	0,2927
A₁	0,0766

Врз основа на добиените резултати, коишто се наоѓаат во погорната табела за рангирање на алтернативите, очигледно е дека најдобра мерка за контрола на прашината од Депонијата за јаглен во РЕК Битола е алтернативата A₃, т.е. **моделот со аплицирање на адитив DB 007**.

7.2.5. Разработка на програмата од предложеното решение за контрола на прашината од Депонијата за јаглен во РЕК Битола

Програмата за супресија на фугитивната прашина на Депонијата за јаглен, освен проблемите со квалитетот на животната и работната средина, разработена е така што ги опфаќа и проблемите со ефикасноста и економичноста на функционирањето на Депонијата. Оваа процедура е максимално флексибилна и во целост приспособлива на променливите оперативни начини на функционирањето на Депонијата.

Подготовка на адитивите

Од суштинска важност за ефикасноста на Програмата за супресија на фугитивната прашина е извршувањето на правилна подготовка на адитивите, односно растворот со кој ќе се извршува третирањето на предвидените површини.

Постапката за подготовка на адитивите мора да се изведува редоследно (чекор по чекор), со максимално почитување на редоследот на постапките.

Чекор 1: Цистерната со која ќе се врши третирањето (распрскувањето на растворот), се полни со чиста вода до количество пропишано со рецептура од табела1. Во цистерната мора да има доволно простор за додавање на хемикалијата.

Внимание - Пред почетокот на подготовката на растворот цистерната мора да биде чиста, а сите делови за регулација и распрскување (капакот, вентилите, спојници, црева, прскалки) да се исправни.

Чекор 2: Се додава точно определено количество од адитивот (DB-007) согласно со рецептурата. Пред земање на адитивот, препорачливо е да се изврши мешање на адитивот во садот во кој се чува истата. Доколку адитивот се чува подолг период, мешањето е задолжително. За мешање се користи погоден предмет од компатабилен материјал. За додавање на хемикалијата се користи сад со познат волумен и позната тежина при дадениот волумен. Додавањето на хемикалијата се врши постепено за да се избегне пролевање или запенување.

Со исполнување на овој чекор растворот е спремен за употреба.

Адитивот лесно се раствора и формира хомоген раствор. Препорачливо е до местото на апликација на растворот цистерната да помине минимум 500m, со што растворањето би било целосно. Растворот спремен за употреба треба да има густо млечно бела боја.

Внимание - Со хемикалиите мора да се ракува согласно со процедурите за чување и ракување. По додавањето на хемикалијата треба да се затвори капакот на цистерната. Подготвениот раствор не е препорачливо да се држи во цистерната повеќе од осум часа.

Табела 7.5. Примерна рецептура за подготовка на растворот DB 007

Table 7.5. Example for receipt for solution preparation DB 007

Волумен на цистерната [l] Water tank volume [l]	Прво покривање First coverage		Второ покривање Second coverage		Трето покривање Third coverage		Вкупна површина на покривање [m ²] при потрошувачка од 80 [gr/m ²] Total surface of coverage [m ²]for applying of 80 [gr/m ²]
	1% раствор 1% solution		2% раствор 2% solution		3% раствор 3% solution		
	Вода [l] Water [l]	DB 007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB 007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB 007 [kg]	
5000	4500	45	4500	90	4500	135	3375
7000	6500	65	6500	130	6500	195	4875
10.000	9500	95	9500	190	9500	285	7125

Во претходната табела се прикажани примерни вредности. При одредување на потребното количество адитив и вода се тргнува од површината која треба да се покрие (третира), користејќи ја притоа следнава ориентациона методологија:

Ако:

P - површина која е планирана да се третира [m²]

H - потребно количество адитив [kg]

V - потребно количество вода [l]

$$H = P \cdot 0,08 \text{ [kg]}$$

$x + 2x + 3x = H$ (каде што x е количеството адитив потребно за првото покривање)

$$V = x \cdot 100 \text{ [l]}$$

За конкретниот случај, Депонијата за јаглен во РЕК Битола пресметката е следна:

$$P = 15.000 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$H=15.000*0.08[\text{kg}] = 1.200[\text{kg}]$$

$$x+2x+3x=H$$

$$6x = H$$

$$x = H/6 = 1.200/6 = 200$$

$$V = x*100 = 200*100= 20.000 [\text{l}]$$

односно, пресметките се дадени табеларно во следнава табела:

Табела 7.6. Потребна количина на вода и биндер DB007 за аплицирање на
Депонијата за јаглен

Table 7.6. Water quantities and binder DB007 needed for application on coal storage
area

Прво покривање First coverage		Второ покривање Second coverage		Трето покривање Third coverage	
1% раствор 1% solution		2% раствор 2% solution		3% раствор 3% solution	
Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]
20.000	200	20.000	400	20.000	600

Со горе изложената методологија се одредува рецептурата за подготовка на растворот за третирање соодветно на површината која треба да се третира.

За изведување на оваа работна операција се потребни минимум двајца оператори, кои детално ќе бидат запознати со постапката на работа, како и со упатството за чување и ракување со хемикалиите, веднаш по завршувањето на аплицирањето неопходно е цистерната и уредите за распрскување целосно да се исчистат.

Техники на распрскување

Распрскувањето (аплицирањето) на растворот со адитиви врз површините предвидени за третирање, се изведува со каков било систем за распрскување (воден топ, црево со млазница и сл.). Притоа, најважно е да се обезбеди целосно и рамномерно покривање на површините предвидени за третирање.

Распрскувањето секогаш мора да се врши под агол, а не со директен млаз (сл.7.15), со цел да се обезбеди подобро покривање и да се избегнат оштетувањата на површината на депонијата од дејството на силата на млазот (формирање на канали).

Согласно на предвидената технологија, површината предвидена за третирање се покрива во три фази (три прскања) со постепено зголемување на концентрацијата на растворот.

- 1 прскање со 1% раствор,
- 2 прскање со 2% раствор,
- 3 прскање со 3% раствор.

Многу е важно, во секоја од фазите, целото количество на растворот подготвен во цистерната да биде рамномерно распрскано по површината предвидена за третирање.

Се препорачува помеѓу секоја фаза да се остави време за да започне процесот на зацврстување на создадената површинска кора. Траењето на паузата помеѓу две прскања зависи од врменските услови и треба да изнесува над 45 минути (при сончево и топло време), до 60 до 120 минути при пониски температури и повисока влажност на воздухот.

Се препорачува распрскувањето да се изведува само во услови на сончево време, при пониска влажност на воздухот со температура над 0°C. Во зависност од температурата и влажноста на воздухот се менува брзината на зацврстувањето на површинската кора. За целосно зацврстување потребни се 24 до 48 часа. Адитивот станува нерастворлив веднаш по почетокот на процесот на зацврстување (зависно од временските услови) по 30 минути.

Економска анализа

Од добиените пресметки може да се заклучи дека за покривање на дел од Депонијата за јаглен (неактивен) од 15.000m² се потребни 1.200 kg адитив DB007.

Од неофицијални искуствени цени на адитивот од 10EUR/kg би можел да се пресмета трошокот за набавка на адитивите кој би изнесувал околу 12.000 EUR без процент ДДВ, доколку се употреби ПП возилото на РЕК Битола

со двајца вработени, со што би се одбегнале трошоците за изнајмување на цистерна и работна рака.

7.3.Предлог-мерки за контрола на прашината од Одлагалиштето за Пепел како површински извор на прашина во РЕК Битола

Со цел да се ублажи состојбата од емитирањето на фугитивната прашина од Одлагалиштето за пепел, предложени се четири технологии за намалување на прашината и тоа:

- покривање со земја,
- водено одлагање,
- прскање со вода,
- аплицирање со адитив,

од кои со помош на повеќекритериумска анализа над предложените решенија ќе се дојде до најоптималното решение за конкретниот површински извор на фугитивна прашина.

7.3.1.Покривање со земја

Ова е веќе применливо решение на повеќе Одлагалишта за пепел како решение кое не бара многу финансиски вложувања, ако има можност да се искористи постоечката механизација во рудникот:

- камиони,
- булдужери или
- дел од ископаната земја од јаловинскиот систем да се искористи

за покривање на косите и хоризонталните површини на одлагалиштето, кое понатаму така прекриено би можело побрзо и поефикасно да се рекултивира.

За вака избрано решение, капиталните трошоци би изнесувале околу 400.000,00€, а би имале трошок околу одржувањето на механизацијата, набавка на гориво и потребната работна рака за изведба на покривањето со земја кој би изнесувал околу 300.000,00€.

Ефикасноста е од големи размери (90%), затоа што фугитивната прашина од покриената пепел е целосно намалена, но прашината од земјата со која се врши покривањето и која при еолски ерозии сепак сè уште е присутна

останува како проблем за решавање. Исто така, покривањето на хоризонталните површини не може да биде постојано, бидејќи мора да се чека одредено време како би се наполнила одложната касета за пепел, па потоа да се пристапи кон покривање и набивање на горниот слој од земја.



Слика 7.11. Покривање на одлагалиштето за пепел со земја

Figure 7.11. Ash dumping area covering by soil

7. 3.2. Прскање на Одлагалиштето за пепел со вода

Користењето на вакви системи е доста често и тие можат да се изведат од цевководи приклучени на системот за одводнување на рудникот или системот за довод на вода во термоелектраната, на кои редно се врзани прскалките.

Земајќи ги предвид познатите големини на коси и хоризонтални површини за покривање од Одлагалиштето за пепел можат да се предложат следниве потребни капитални трошоци за изведба на овој систем за спречување на прашината:

- изведба на нов цевковод околу самото Одлагалиште,
- поврзување со постоечкиот цевковод за одводнување на Рудникот Суводол, доколку се пристапи на користење на водата од системот за одводнување на рудникот или
- поврзување на цевководот со главниот доведен цевковод на термоелектраната,

- набавка на соодветни пумпи со кои ќе може да се одржува притисокот во цевководот кој ќе овозможува постојана работа на прскалките во зависност каков тип ќе биде избран,

- набавка на потребен број на прскалки,

- набавка на специјален механизам за контрола на работата на прскалките и сл., кои би изнесувале 100.000,00€ и оперативни трошоци и трошоци за одржување на опремата од околу 50.000,00€.

Во поглед на ефикасноста на работата на системот треба да се напомене дека ваквиот вид на спречување на фугитивна прашина не би имал никакво влијание врз процесот на експлоатација и согорување на јагленот, но секако не треба да се изостават главните климатски услови:

-високи температури во лето што би предизвикало брзо испарување на водата и

- ниските температури во зима кои би предизвикувале мрзнење на водата и оштетување на опремата, што има особена важност врз ефикасноста на ваквиот систем за спречување на прашина и дополнителните трошоци кои би биле предизвикани од ваквите услови што даваат ефикасност на системот од 20%.



Слика 7.12. Прскање со вода на одлагалиштето за пепел

Figure 7.12. Water spraying in ash dumping area

7.3.3. Аплицирање со адитиви

Имајќи ги предвид наведените проблеми со квалитетот на животната средина кои покажуваат зголемени фугитивни емисии од Одлагалиштето за пепел, разработена е Програма за супресија на фугитивна прашина, соодветна

на специфичните услови на одвивање на операциите на Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола со неговите претходно наведени карактеристични големини и системи кои експлоатираат на него.

Оваа програма за супресија на фугитивната емисија на Одлагалиштето за пепел е идентична како програмата разработена за супресија на прашината на Депонијата за јаглен и проценета е со 90% ефикасност.

Истата се состои од третирање на косите и дел од рамните хоризонтални површини на Одлагалиштето за пепел со површина од 3.500m², со раствор на специјално дизајнираниот биндер DB-007 и вода за чија изведба се потребни трошоци од 50.000,00€, со оперативни трошоци за набавка на гориво, работни саати и одржување на опремата за аплицирање од 200.000,00€.

7.3.4. Водено одлагање на пепелта

Ваквиот вид на одлагање за постоечки услови на РЕК Битола практично е невозможен. Воденото одлагање се препорачува доколку се има големи количини на вода во непосредна близина, што не е случај и кај нас. Таков е примерот со ТЕ „Костолац“ и близината на големата р. Дунав со чијашто помош е овозможен ваквиот вид на водено одлагање.

Имајќи го предвид фактот дека нашиот регион не располага со толкави количини на вода која е потребна за остварување на ваквото одлагање (однос од мин 1:20), ваквиот вид на водено одлагање нема да биде подложен за понатамошна анализа.

7.3.5. Повеќекритериумска анализа на предложените решенија за контрола на прашината од Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола

Проблемот за овој случај може да се формулира на следниот начин:

Потребно е да се избере најоптимално решение за контрола на прашината од Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола, за кое се дадени три алтернативни решенија и тоа:

- покривање со земја,
- прскање со вода,
- аплицирање со адитив.

Табела 7.7. Алтернативни решенија за одлагање на пепелта

Table 7.7. Alternative solutions for the

	Алтернатива/Alternative	Ознака/Mark
1	Покривање со земја Covering with ground	A ₁
2	Прскање со вода Spreading with water	A ₂
3	Аплицирање со адитиви Applying with aditives	A ₃

- Избор и идентификација на критериумите

По деталната анализа на проблемот, избрани се и идентификувани критериумите кои имаат најголемо влијание во решавањето на моделот, и се дадени во следнава табела:

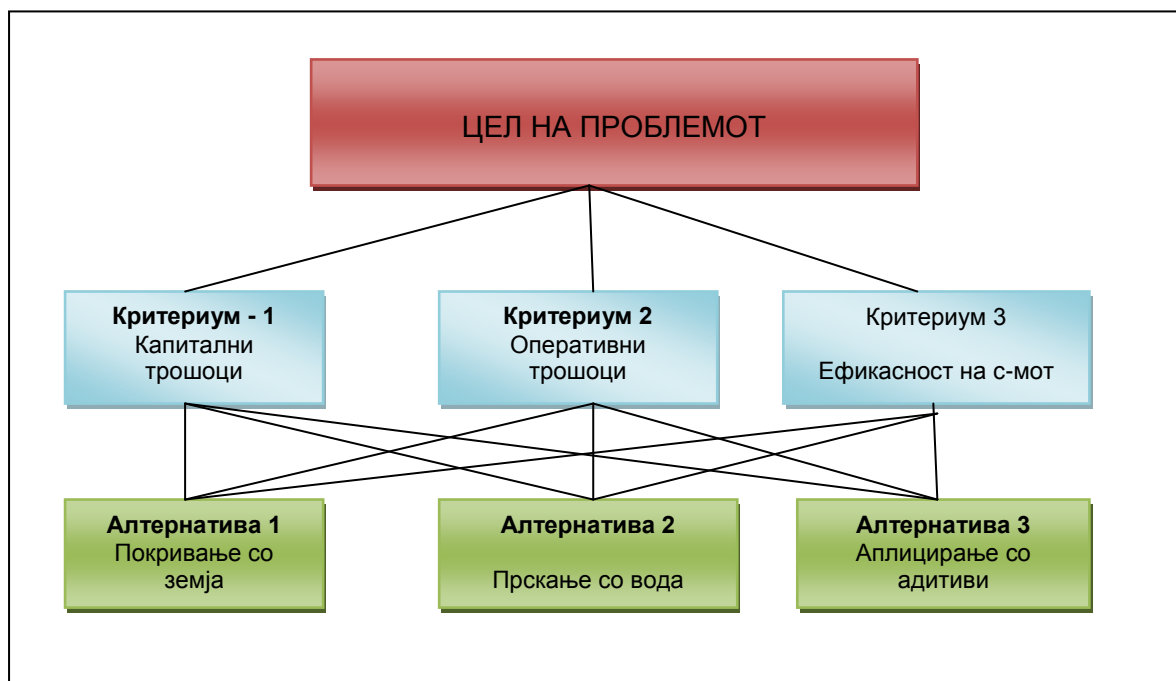
	Критериум	Ознака	Опис
1	Капитални трошоци	K ₁	Овие трошоци ги опфаќаат потребните финансиски средства кои се потребни за набавка и ставање во функција на дадента опрема за контрола на прашина од одлагалиштето за пепел, како и дополнителната придружна опрема кон неа за нејзино целосно функционирање.
2	Оперативни трошоци	K ₂	Овде се опфатени трошоците за одржување на севкупната опрема и работната рака.
3	Ефикасност на контролата на прашина	K ₃	Процентуална ефикасност на избраната контрола.

Секој од овие критериуми има свое влијание (тежина) врз алтернативните решенија за што е извршена проценка според современи светски искуства.

Депонија за пепел			
Алтернативни решенија	Капитални трошоци	Оперативни трошоци	Ефикасност на контролата на прашина
покривање со земја (A_1)	400.000,00 €	300.000,00€	90%
прскање со вода (A_2)	100.000,00€	50.000,00€	20%
аплицирање на адитиви (A_3)	50.000,00€	200.000,00€	90%

Фази на методата на АНР

Фаза 1: Структурирање на проблемот



Фаза 2: Собирање на податоци

Во согласност со скалата на Saaty со девет точки, најпрво треба да се изврши споредување на значењето за поединечните атрибути (критериуми).

Проценката и приоритетот за дадениот проблем се претставени табеларно во вид на матрица, каде што се доделени соодветни вредности од Saaty скалата чишто вредности доколку се во загради претставуваат инвертен (реципрочен) однос на преференција. На пример, доколку на пресекот помеѓу K_1 и K_3 му е доделена вредност (2) тогаш вистинската вредност е $1/2$ којашто ќе се користи при пресметувањето.

	K1	K2	K3
K1	1	2	5
K2		1	3
K3			1

Фаза 3: Оценување на релативните тежини

За решавање на поставениот проблем е користена апроксимативна процедура за добивање на сопствените вектори, која се состои во слениве 4 чекори:

Чекор 1: Преработување на матрицата со подредување на паровите и наоѓање на збир за сите елементи во секоја колона.

Чекор 2: Делење на елементите од секоја колона со збирот на вредностите од соодветна колона каде што се наоѓа елементот. Со тоа се добива нормализирана релативна тежина на секој од елементите, при што сумата на секоја колона треба да изнесува 1.

Чекор 3: Се наоѓа збирот и средна вредност од сите добиени елементи од претходниот чекор за секој ред. Колоната која ќе се добие од тие средни вредности, всушност, е нормализираниот сопствен вектор т.н. вектор на приоритет. Со оглед на тоа што е нормализиран, сумата на сите елементи во векторот на приоритет е 1. Векторот на приоритет ги покажува релативните тежини меѓу елементите што ги споредуваме.

Чекор 1:

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	2	5
K ₂	1/2	1	3
K ₃	1/5	1/3	1

$$(K_1, K_1) = (K_2, K_2) = (K_3, K_3) = 1,0;$$

$$(K_2, K_1) = 1/(K_1, K_2) = 1/2 = 0,5$$

$$(K_3, K_1) = 1/(K_1, K_3) = 1/5 = 0,2$$

$$(K_3, K_2) = 1/(K_2, K_3) = 1/3 = 0,33$$

Чекор 2: Пресметување на нормализираната релативна тежина на елементите во матрицата.

Се врши сумирање на секоја колона од реципрочната матрица и се добива следнава табела:

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	2	5
K ₂	0,5	1	3
K ₃	0,2	0,33	1
Сума	1,70	3,33	9

Пополнувањето на следнава табела се врши така што секој елемент од претходната табела се дели со збирот од соодветната колона:

	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅
	K ₁	K ₂	K ₃	Сума	Средна вредност
K ₁	0,59	0,60	0,56	1,75	0,58
K ₂	0,29	0,30	0,33	0,92	0,31
K ₃	0,12	0,10	0,11	0,33	0,11

Чекор 3: Во овој чекор се собираат сите вредности на елементите на критериумите по редовите, тоа всушност е колоната Б4 од претходната табела.

Вредностите во коланата Б5 се средните вредности, кои што се добиваат кога соодветната вредност од колоната Б4 ќе се подели со бројот на критериуми (пример за редот К1 имаме: $B5 = B4/3 = 0,58$).

На овој начин се добива нормализираниот сопствен вектор (вектор на приоритет), т.е. пресметано е учеството или важноста на секој критериум во моделот.

Конечен приоритет за I ниво	
K ₁	0,58
K ₂	0,31
K ₃	0,11

Пресметка на конзистентноста на споредбата

Saaty воведува мерка на конзистенција за субјективна процена преку индексот на конзистенција (CI), како отстапување или степен на конзистентност за да се осигура точноста, и тој се пресметува според равенката:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

каде што се:

λ_{\max} - максимална или својствена вредност на матрицата,

n - големина на матрицата (број на редови на матрицата), n = 3.

$$\lambda_{\max} = [(1 \times 0,58 + 2 \times 0,31 + 5 \times 0,11) / 0,58 + (0,5 \times 0,58 + 1 \times 0,31 + 3 \times 0,11) / 0,31 + (0,2 \times 0,58 + 0,33 \times 0,31 + 1 \times 0,11) / 0,11] / 3 = 3,007$$

Оттука следува дека индексот на конзистенција изнесува:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3,007 - 3}{3 - 1} = 0,0035$$

Saaty предлага користење на овој индекс на тој начин што ќе се спореди со соодветен друг индекс. Соодветниот индекс на конзистенција е наречен случаен индекс на конзистенција (R.I.). Saaty случајно генерирал реципрочна матрица со користење на размерот 1/9, 1/8,...,1,..., 8, 9 и го добил случајниот индекс на конзистенција за да види дали е околу 10% или помал. Вредностите на случајниот индекс на конзистенција (R.I.) се дадени во табелата на Saaty:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Во овој случај, за $n = 3$, добиваме дека $R.I. = 0,58$.

Исто така, Saaty предложил т.н. однос на конзистентност што претставува споредба меѓу индексот на конзистенција и случајниот индекс на конзистенција или во формула:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

Ако вредноста на односот на конзистенција е помал или еднаков на 10%, конзистенцијата е прифатлива. Ако односот на конзистенција е поголем од 10%, треба да се ревидира субјективната оцена.

Со замена на добиените вредности во равенката за односот на конзистентност добиваме:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = 0,0035/0,58 = 0,006 < 0,10$$

Со тоа добиваме дека субјективната оцена за преференцата на критериумите е конзистентна.

Во следната фаза на пресметката, носителот на одлуката ги проценува сите три начини за контрола на прашината и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

Соодветните матрици на споредување на алтернативите од второто ниво за секој атрибут и нивните приоритети се прикажани во подолните табели:

Процена и приоритет во однос на критериумот K_1 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(5)	(9)
A_2		1	(2)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_1).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,2	0,11
A_2	5	1	0,5
A_3	9	2	1
Сума	15	3,2	1,61

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	A_1	A_2	A_3	Сума	Средна вредност
A_1	0,07	0,06	0,07	0,2	0,07
A_2	0,33	0,31	0,31	0,95	0,32
A_3	0,60	0,63	0,62	1,85	0,62

$\lambda_{\max} = 3.04$; $CI = 0.02$; $CR = 0,034 < 0.1$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K_1	
A_3	0,62
A_2	0,32
A_1	0,07

Процена и приоритет во однос на критериумот K_2 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(9)	(7)
A_2		1	(2)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_2).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,11	0,14
A_2	9	1	0,5
A_3	7	2	1
Сума	17	3,11	1,64

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	A_1	A_2	A_3	Сума	Средна вредност
A_1	0,06	0,04	0,09	0,19	0,06
A_2	0,53	0,32	0,30	1,15	0,38
A_3	0,41	0,64	0,61	1,66	0,55

$\lambda_{\max} = 3.09$; $CI = 0.045$; $CR = 0,08 < 0.1$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K_2	
A_3	0,55
A_2	0,38
A_1	0,06

Процена и приоритет во однос на критериумот K_3 :

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	(5)	(7)
A_2		1	(2)
A_3			1

Преработена табела за споредување на тежините во паровите (матрица на релативните значајности на алтернативите во однос на атрибутот K_3).

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0,2	0,14
A_2	5	1	0,5
A_3	7	2	1
Сума	13	3,2	1,64

Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	A_1	A_2	A_3	Сума	Средна вредност
A_1	0,08	0,06	0,09	0,23	0,08
A_2	0,38	0,31	0,30	0,99	0,33
A_3	0,54	0,63	0,61	1,78	0,59

$$\lambda_{\max} = 3.022; \text{ CI} = 0.011; \text{ CR} = 0,02 < 0.1$$

Конечен приоритет на алтернативите во однос на критериумот K_3	
A_3	0,59
A_2	0,33
A_1	0,08

Фаза 4: Одредување на решението на проблемот

На крајот од претходната постапка следува севкупна синтеза за проблемот која се пресметува така што за секоја алтернатива, на пр. за A_1 , се врши множење на нејзиното учество (тежина) во делот на разгледуваниот критериум. На истиот начин се постапува со сите критериуми и на крајот резултатите се собираат.

Тежината на првиот критериум K_1 е 0,58, а тежината на алтернативата A_1 е 0,07. Со нивно множење се добива:

$$K_1 \times A_1 = 0,58 \times 0,07 = 0,0406.$$

За вториот критериум имаме:

$$K_2 \times A_1 = 0,31 \times 0,06 = 0,0186.$$

Така по ред се продолжува за сите критериуми и алтернативи.

Критериуми	Алтернативи
$K_1 = 0,58$	$A_3 = 0,3596$
	$A_2 = 0,1856$
	$A_1 = 0,0406$
$K_2 = 0,31$	$A_3 = 0,1705$
	$A_2 = 0,1178$
	$A_1 = 0,0186$
$K_3 = 0,11$	$A_3 = 0,0649$
	$A_2 = 0,0363$
	$A_1 = 0,0088$

Со собирањето на претходно добиените резултати за првата алтернатива се добива вкупното учество (тежина) за првата алтернатива, а потоа и за втората, третата и четвртата алтернатива соодветно.

За првата алтернатива се добива:

$$A_1 = A_1(K_1) + A_1(K_2) + A_1(K_3) = 0,068.$$

Аналогно, и за преостанатите три алтернативи се врши истата пресметка.

Добиените резултати се внесуваат во следнава табела со рангирање на алтернативите.

Алтернатива	Ранг
A₃	0,5950
A₂	0,3397
A₁	0,0680

Врз основа на добиените резултати, кои што се наоѓаат во погорната табела за рангирање на алтернативите, очигледно е дека најдобра мерка за контрола на прашината од Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола е алтернативата A₃, т.е. **моделот со аплицирање на адитив DB 007**.

7.3.6. Разработка на програмата од предложеното решение за контрола на прашината од Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола

Програмата за супресија на фугитивната прашина на Одлагалиштето за пепел, освен проблемите со квалитетот на животната и работната средина, е разработена така што ги опфати и проблемите со ефикасноста и економичноста на функционирањето на одлагалиштето. Оваа процедура е максимално флексибилна и во целост приспособлива на променливите

оперативни на чини на функционирањето на Одлагалиштето во целост со неговите хоризонтални и вертикални површини кои се цел на разработка.

Подготовка на адитивите

Од суштинска важност за ефикасноста на Програмата за супресија на фугитивната прашина е извршувањето на правилна подготовка на адитивите, односно растворот со кој ќе се извршува третирањето на предвидените површини.

Постапката за подготовка на адитивите мора да се изведува редоследно (чекор по чекор), со максимално почитување на редоследот на постапките.

Чекор1: Цистерната со која ќе се врши третирањето (распрскувањето на растворот) се полни со чиста вода до количество пропишано со рецептура од табела 1. Во цистерната мора да има доволно простор за додавање на хемикалијата.

Внимание - Пред почетокот на подготовката на растворот, цистерната мора да биде чиста, а сите делови за регулација и распрскување (капакот, вентилите, спојници, црева, прскалки) да се исправни.

Чекор2: Се додава точно определено количество од адитивот (DB-007) согласно со рецептурата. Пред земање на адитивот, се препорачува да се изврши мешање на адитивот во садот во кој се чува истата. Доколку адитивот се чува подолг период, мешањето е задолжително. За мешање се користи погоден предмет од компатабилен материјал. За додавање на хемикалијата се користи сад со познат волумен и позната тежина при дадениот волумен. Додавањето на хемикалијата се врши постепено за да се избегне пролевање или запенување.

Со исполнување на овој чекор растворот е спремен за употреба.

Адитивот лесно се раствора и формира хомоген раствор. Се препорачува до местото на апликација на растворот цистерната да помине минимум 500m, со што растворањето би било целосно. Растворот спремен за употреба треба да има густо млечно бела боја.

Внимание - Со хемикалиите мора да се ракува согласно со процедурите за чување и ракување. По додавањето на хемикалијата треба да се затвори капакот на цистерната. Подготвениот раствор не се препорачува да се држи во цистерната повеќе од 8 часа.

Постапката и начинот на аплицирање се претходно разработени кај аплицирањето на Депонијата за јаглен. Потребното количество на адитив е одредено со следниве пресметки:

Ако:

P - површина која е планирана да се третира [m^2]

H - потребно количество адитив [kg]

V – потребно количество вода [l]

$$H=P*0,08 \text{ [kg]}$$

$x+2x+3x = H$ (каде што x е количеството адитив потребно за првото покривање)

$$V= x*100 \text{ [l]}$$

За конкретниот случај Одлагалиште за пепел во РЕКБитола за предвидена површина за третирање од 30.000 m^2 , пресметката е следна:

Пресметка за потребни количини на адитив DB-007 за **хоризонтални површини** од Одлагалиштето за пепел:

$$P1= 12.000[m^2] - \text{хоризонтални површини}$$

$$H1=12.000*0.08[\text{kg}] = 960\text{kg}$$

$$x1+2x1+3x1=H1$$

$$6x1 = H1$$

$$x1 = H1/6 = 960/6 = 160$$

$$V1= x1*100 = 160*100= 16.000[\text{l}]$$

Резултатите се прикажани во табела 7.13.

Табела 7.8. Примерна рецептура за подготовка на растворот DB007 за Одлагалиште за пепел

Table 7.8. Example of receipt for preparing DB007 for ash dumping area

Прво покривање на хоризонталните површини First coverage on horizontal surfaces		Второ покривање на хоризонталните површини Second coverage on horizontal surfaces		Трето покривање на хоризонталните површини Third coverage on horizontal surfaces	
1% раствор 1% solution		2% раствор 2% solution		3% раствор 3% solution	
Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]
16.000	160	16.000	320	16.000	480

Пресметка за потребни количини на адитив DB-007 за **коси површини** од Одлагалиштето за пепел:

$$P2 = 18.000[m^2] - \text{коси површини}$$

$$H2 = 18.000 * 0.08[kg] = 1440[kg]$$

$$x2 + 2x2 + 3x2 = H2$$

$$6x2 = H2$$

$$x2 = H2 / 6 = 1440 / 6 = 240$$

$$V2 = x2 * 100 = 240 * 100 = 24.000 [l]$$

Резултатите се прикажани во табела 7.14.

Табела 7.9. Потребна количина на вода и биндер DB007 за аплицирање на Одлагалиште за пепел

Table 7.9. Needed quatity of water and binder DB007 for application on ash dumping area

Прво покривање на косите површини First coverage on narrow surfaces		Второ покривање на косите површини Second coverage on narrow surfaces		Трето покривање на косите површини Third coverage on narrow surfaces	
1% раствор 1% solution		2% раствор 2% solution		3% раствор 3 % solution	
Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]	Вода [l] Water [l]	DB007 [kg]
24.000	240	24.000	480	24.000	720

Вкупната потребна количина на вода и адитив за третирање на хоризонталните и косите површини од Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола е следна:

Табела 7.10. Вкупна потребна количина на вода и адитив за Одлагалиште запепел

Table 7.10. Total needed quantity of water and additives for ash dumping area

	Прво покривање First coverage		Второ покривање Second coverage		Трето покривање Third coverage	
	1% раствор 1% solution		2% раствор 2% solution		3% раствор 3% solution	
	Вода[l] Water[l]	DB007 [kg]	Вода[l] Water[l]	DB007 [kg]	Вода[l] Water[l]	DB007 [kg]
Хоризонтални површини Horizontal surfaces	16.000	160	16.000	320	16.000	480
Коси површини Narrow surfaces	24.000	240	24.000	480	24.000	720
Вкупно Total	40.000	400	40.000	800	40.000	1200

Економска анализа

Од добиените пресметки може да се заклучи дека за покривање на дел од хоризонталните и косите површини од Депонијата за пепел (неактивен) од 30.000m² се потребни 2.400kg адитив DB007 I 120.000l вода.

Од неофицијални искуствени цени на адитивот од 10EUR/kg би можел да се пресмета трошокот за набавка на адитивите кој би изнесувал околу 24.000,00 EUR без процент за ДДВ, доколку се употреби ПП возилото на РЕК Битола со двајца вработени за да се одбегнат трошоците за изнајмување на цистерна и работна рака.

Вкупната потрошувачка на вода и адитив за предложеното решение за супресија на фугитивната прашина од хоризонталните и косите површини од Одлагалиштето за пепел во РЕК Битола е претставена во следнава табела:

	Третирање на хоризонталните површини Treating of horizontal surfaces	Третирање на косите површини Treating of narrow surfaces	Вкупна потрошувачка Total consumption
Вкупна количина вода: Total amount of water	3x16.000=48.000[l]	3x24.000=72.000[l]	120.000 [l]
Вкупна количина адитив: Total amount of aditives	960[kg]	1440[kg]	2400[kg]

8. ЗАКЛУЧОК

Главните емисии во воздухот се создаваат од прадини предизвикани од ветер на отворени површини, како и од процесите на согорување, процесите на транспорт, ускладиштување и дробење.

Рударските активности во РЕК Битола се изведуваат во отворени површински копови кои предизвикуваат емисии во воздухот, водата и почвата, а тоа се следниве:

- Вадење (дислоцирање) на вегетацијата и горниот слој;
- Ископување на јаловината;
- Транспортирање на јаловината и нејзино одлагање;
- Ископ на јаглен, транспорт и одлагање на јагленот;
- Дробење на јагленот;
- Согорување на јагленот;
- Одложување на пепелта од согорениот јаглен;
- Перење и операции во работилници;
- Транспорт на опрема и материјали.

За експлоатацијата на јагленот во рудникот е потребно да се направи дијаграм на одвивање на активностите, назначувајќи ги главните активности или процеси кои произведуваат или можат да произведат штетни супстанции и отпадите и емисиите кои произлегуваат од рудничките операции од секоја активност.

Главниот предмет на истражување на оваа магистерска работа е одредување на најприфатлив систем за контрола на фугитивната прашина од потенцијалните извори на прашина во РЕК Битола и тоа од Депонијата за јаглен, Одлагалиштето за пепел и пристапните руднички патишта имајќи го предвид аспектот на заштита на животната средина.

Со оглед на фактот дека станува збор за фини мобилни честички кои содржат висок процент на радиоактивни минерали, ваквите фугитивни емисии од споменатите извори претставуваат директна опасност за здравјето на луѓето и околината. Сето ова укажува на неопходната потребата за елиминирање на фугитивните емисии од пристапните патишта во РЕК Битола,

од процесот на депонирање на јагленот на Депонијата за јаглен и одложувањето на електрофилтерска пепел на Одлагалиштето за пепел.

Имајќи ги предвид разликите во споменатите технологии, една од најкритичните одлуки е изборот на најефикасна и најекономична технологија или технологии за контрола на прашината. Само целосна и детална анализа, со познавање на сите причини за појава на прашината, можат да бидат солидна основа за правилен избор во конкретна ситуација.

Вообичаено е дека сите компании тврдат дека нивниот производ обезбедува повеќекратно враќање на инвестициите, што во овој случај донекаде е и точно. Сепак, со оглед на големиот број на параметри и специфичноста на секој рудник сам за себе, програмата и системот за контрола на прашина, кој за една локација претставува идеално решение, не мора да значи дека ќе даде исти такви резултати и кај друг рудник. Заради тоа кон изборот за специфичната дизајнирана програма мора да се пристапи систематски, земајќи ги предвид сите релевантни параметри потребни за оптималниот избор.

Добро дизајниран систем за контрола на прашината треба, пред сè, да обезбеди намалување на фугитивната прашина согласно со законските дозволени лимити. Дополнително, системот би требало да обезбеди намалување на загубите на материјал, елиминирање на проблемите со движење и замрзнување на материјалот, подобрени услови и безбедност при работа што секако би придонесло и до сеопшта поголема продуктивност.

9. ДОДАТОК

9.1. Користени кратенки

ЕФП - Електрофилтерска пепел

АНР - Аналитичко-хиерархиски процеси

10. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. *Martin Engineering - Foundations*³, Neponset, Illinois U.S.A., the Practical Resource For Total Dust & Material Control, R. Todd Swinderman, P.E., Lrry J.Goldbeck& Andrew D. Martin.
2. Миомир Микич, Даниел Кржанович, Миленко Јованович (1998) „Супресија, настанување и подигнување на прашина на површинските копови при камионски транспорт”, Институт за рударство и металургија, Бор.
3. Д-р Ружица Лековски (октомври 1998):„Истражување на економските ефективности и нормализација на условите во работната и животната средина на површинските копови“, ИРМ, Бор.
4. Проф. д-р Ранко Борович (2005):„Камионски транспорт на површински копови”.
5. Д-р Мирослав Игњатович, проф. д-р Миодраг Миљкович(2004):„Рударска хидротехника“, Бор.
6. Гвозденович С., Команович М., Черан Н.:„Предлог-решенија за одлагање на идните количини на електрофилтерска пепел“.
7. Јанчич В., Цвијанович П.(2008): „Депонија пепел и шљака ЈП ТЕ-Костолац, положба, формирање, експлоатација, влијание на животната средина, мониторинг и заштита од влијанието на депонијата“, Београд.
8. Живојинович Р., Бабович М., Милошевич Ј.:„Превентивни мерки за заштита од штетното влијание од одлагањето на пепел од термоелектраните на ЕПС“.
9. Мираковски Д., Деспотов З.(2004):„Контрола фугитивне прашине на местима транспортера- решење за слагалицу“, Транспорт и логистика, бр.7, ИССН 1451-107Х, Београд.
10. Мираковски Д. (мај 2005): „Controlling Fugitive Dust atTransportation Roads - Cost or Profit“, International Conference on Mine Transportation, Budva, Serbia and Montenegro.
11. Мираковски Д., Кепевски А., Десподов З.(2002): „Можности за примена на современи методи за заштита од фугитивната прашина во Цементарница Усје-Скопје, Меѓународно советување - Цемент 2002, 15-18 мај, Струга, Македонија.

12. Мираковски Д., Грујиќ М., Кисиќ Д.(2006): „*Wind erosion prevention at TENT fly ash ponds*“, 4 Regional Conferens on EMS Implication on Electric Power Industry, Tara 11-15 September, Serbia.
13. Мираковски Д.(2007): „*Контрола на прашината при процесирање и ракување со минерални сировини*“, Македонско рударство и геологија, СРГИМ.
14. Мираковски Д., Десподов З.(2008):*Dust Control at Open storage Pile - Bucim Coper Mine*, Bulk Europe 2008, Prague, Czech Republic.
15. Мираковски Д., Вренцовски А., Донева Н.(2002): *Современи технологии за заштита од фугитивната прашина*, Меѓународно советување - Цемент, Струга Македонија.
16. Мираковски Д., Крстев Б.(2001):*Dust control technologies for mineral processing plants*, 9 Balkan Mineral processing Congress, 11-13 september, Istanbul.
17. Мираковски Д., Крстев Б., Петровски Ф., Крстев А.(2009): *Mine project evaluation techniques*, Natural Resources and Technologies, FNTS.
18. Десподов З., Мираковски Д.(2002):*Educational and scientific work on the Department of underground mining at the Faculty of Mining and Geology in Stip*, 50. rokov Katedra logistiky a vyrobnych systemov Fakulty BERG, Kosice.
19. Грујиќ М., Десподов З, Мираковски Д.(2001): *Влијание на начинот на експлоатација на јаглените наоѓалишта врз животната средина*, Зборник на трудовите „Јаглените во Република Македонија“, Рударски Институт – Скопје.
20. Марјанович, С.(1971): „*Донеошење одлука у привредним организацијама*“, Информатор, Загреб.
21. Чупич. М. Rao Tummala (1971):„*Донеошење одлуке и одлучивање*“,Загреб,
22. Јовичевич М. (2001): „*Информација и одлучивање*“, Економски факултет, Подгорица.
23. Чупич М, Шукнович М, (1994): „*Вишекритеријумско одлучивање: методе и примери*“, Универзитет БК, Београд.
24. Saaty T. (1980): „*The Analytic Hierarchy Process*“, Mc Grow-Hill, New York, USA.
25. Веб-страница <http://www.geomembranes.com>
26. Веб-страница <http://www.geotextile.com>
27. Frank Fischer and Maarten A.Hajer (1999), *Living with nature*.

28. Hiroshi Hayashi (2009), *Overview of technologies for treatment of mine wastewater*, Technical training course "Mine wastewater treatment", part 1, 14-18 december 2009, Sofia, Bulgaria.
29. Quality Assurance Systems Requirements (2009) Chapter 7 - *Soil and Sediment Sampling Procedure*.
30. P.Calow (1998) *Hand book of Environmental Risk Assessment and Management*.